

EL- OG HYBRIDBILER

– samspil med elsystemet

Juni 2010

ISBN www: 978-87-7844-853-8

Indhold

Forord	3
1 El- og plug-in hybridbiler og deres samspil med elsystemet	4
2 Indledning.....	4
3 Politiske rammebetingelser	5
4 Karakteristika ved el- og plug-in hybridbiler	7
5 Elsystemet	8
6 Intelligens og elproduktionskapacitet.....	10
7 Intelligens og elnettets kapacitet	12
8 Intelligens og CO ₂ -reduktion	14
9 Konklusion	17

Bilag

Bilag 1: Ladeinfrastruktur - begreber, terminologi og aktuel status	19
B1.1 Muligheder for energiforsyning til el- og plug-in hybridbiler	19
B1.1.1 Lynladning.....	20
B1.1.2 Batteriskiftestation.....	20
B1.1.3 Onboard effektproduktion/ (plug-in) hybridbiler	20
B1.2 Ladeinfrastrukturens samspil med produktionssystemet.....	20
B1.3 Hvilke modeller for ladeinfrastruktur kan man forestille sig.....	22
B1.4 Plan for udrulning af ladestander	22
B1.5 Standardiseringsarbejde.....	23
Bilag 2: Konsekvenser for elsystemet ved introduktion af elbiler og plug-in hybridbiler.....	24
B2.1 Det danske elsystem	24
B2.2 Elbiler i elsystemet	25
B2.3 Scenarier for opladning af elbil.....	26
B2.4 Betydning for elsystemet med store vindkraftandele	28
B2.5 El- og plug-in hybridbilers belastning af transmissionsnettet	28
B2.6 El- og plug-in hybridbilers belastning af distributionsnettet.....	28
B2.7 Effektpåvirkning ved indkobling af et større antal elbiler	30
Bilag 3: Intelligens i elsystemet	31

B3.1 Samspil mellem elbil, bruger og ladestander	31
B3.2 Aktører i et koncept for integration af elbil med elsystem	32
B3.3 Systemhensyn og niveauer af intelligens i ladesystemet.....	33
B3.4 Tidsperspektiver for udrulning af infrastruktur	36
Bilag 4: Bilbatterier som fleksibelt lager	37
B4.1 Batterityper	37
B4.2 Energitæthed og effekttæthed	38
B4.3 Krav til bilbatterier	38
B4.4 Priser på litium-ion- og litium-polymerbatterier	39
B4.5 Batteriers holdbarhed	40
B4.6 Implikationer af anvendelse af elbilbatterier som fleksibelt lager for elsystemet	42
Bilag 5: El- og plug-in hybridbiler i forhold til elforsyningslovgivningen.....	44
B5.1 Elforsyningsloven	44
B5.2 Frit leverandørvalg	44
B5.3 Opladning udenfor hjemmet	44
B5.4 Ændring af elforsyningsloven	45
B5.5 Opsætning af stander til opladning.....	45
B5.6 Køb af elektricitet.....	46
B5.7 Salg af el til forbrugeren	46
B5.7 Leje af batteri.....	47
B5.8 V2G – levering af el tilbage til nettet	48
B5.9 Eneret og kompatibilitet.....	48
B5.10 Statsstøtte	49
B5.11 Anden relevant lovgivning	49

Forord

Det er regeringens langsigtede mål, at Danmark skal være et samfund uafhængigt af fossile brændsler, og som led heri skal der både ske væsentlige energibesparelser og gennemføres en markant udbygning af den vedvarende energiforsyning.

Særligt transportsektoren er karakteriseret ved at være næsten fuldstændig afhængig af fossile brændstoffer, primært benzin og diesel. Og transportsektoren er den største efterspørger af fossile brændsler.

Alene personbilerne står for ca. 10 pct. af vores samlede energiforbrug, ca. 25 pct. af vores olieforbrug og endelig for ca. 10 pct. af vores CO₂-udledning. Sektoren udgør således en af de store udfordringer for at mindske Danmarks afhængighed af fossile brændsler og reducere udledningen af drivhusgasser. Men det skal ske samtidig med, at vi fastholder velfærd og høj mobilitet.

Det fremgår af denne rapport, at elbiler og plug-in hybridbiler har et stort potentiale for at reducere såvel energiforbruget som CO₂-udledningen i transportsektoren. Lykkes det at erstatte benzin og diesel med el, kan vi sikre både transportydelse og reducere vores afhængighed af fossile brændstoffer. Til fordel for vores forsyningssikkerhed og klimaet.

Rapporten ligger således i forlængelse af regeringens strategi "bæredygtig transport – bedre infrastruktur" fra december 2008, som viser vejen for, hvordan transportsektorens "CO₂-kurve" knækkes. Infrastrukturen skal være mere grøn, der skal indføres grønne kloge kørselsafgifter, og Danmark skal være et grønt testlaboratorium inden for forskning og innovation af grønne transportteknologier.

Regeringen vil som et led i indsatsen for at sikre en effektiv anvendelse af blandt andet vindmøllestrøm fortsat have fokus på bl.a. elbiler. Med energiaftalen fra februar 2008 er der bl.a. indført en forsøgsordning for elbiler. Samtidig har regeringen med sit arbejdsprogram "Danmark 2020" fra februar 2010 besluttet at afgiftsfritage elbiler frem til og med 2015 som led i at sikre en effektiv anvendelse af blandt andet vindmøllestrøm.

20 pct. af vores el produceres af vindmøller, og sammenlignet med resten af Europa er vi langt fremme med at integrere den svingende elproduktion fra møllerne. Elbiler kan aftage store mængder af vindenergien. Skal det være effektivt i stor skala, er det afgørende, at bilerne lades op på tidspunkter, hvor der er kapacitet i elnettet og produktion til det. Med et godt samspil mellem elproduktionen og el- og plug-in hybridbilerne - herunder etablering af smart grids (intelligente elnet) - kan vi fremme en renere og mere bæredygtig transportsektor samt en optimal udnyttelse af vores elproduktion. Dette vil gøre os mere robuste til at møde fremtidens udfordringer om at reducere CO₂-udledningen fra transportsektoren og gøre os mindre afhængige af import af fossile brændstoffer.

God læselyst.

Lykke Friis

Klima- og energiminister

1 El- og plug-in hybridbiler og deres samspil med elsystemet

Denne rapport belyser anvendelse af el som drivmiddel i transportsektoren med fokus på samspillet mellem el- og plug-in hybridbiler og elsystemet, og hvorledes en øget anvendelse af el i transportsektoren kan bidrage til at imødekomme energi- og klimapolitiske mål. Rapportens omtale og beregninger for "elbiler" henviser med mindre andet er nævnt alene til personbiler.

Rapporten er suppleret med en række bilag, som bl.a. belyser tekniske forhold omkring elsystemet og herigennem udbygger det grundlag, som denne rapport tager afsæt i.

2 Indledning

Vejtransport tegner sig i dag for ca. 20 pct. af Danmarks samlede energiforbrug og ca. 25 pct. af Danmarks samlede CO₂-udledning¹. Behovet for transport forventes fortsat at være stigende i fremtiden. I dag er vejtransporten alene baseret på benzin og diesel. Øget anvendelse af el i transportsektoren vil reducere afhængigheden af import af olieprodukter og langsigtet bidrage til øget forsyningssikkerhed.

Regeringen har med transportudspillet "Bæredygtig transport – bedre infrastruktur, december 2008" meldt ud, at "CO₂-kurven" skal knækkes – det vil sige, at udledningen af CO₂ fra transportsektoren skal falde. Skal det ske uden at reducere samfundets efterspørgsel efter transport, skal der gås nye veje, herunder fremme af mere miljø- og klimavenlige transportformer.

Øget anvendelse af elbiler kan være et af midlerne til at knække "CO₂-kurven", da elbiler er mere energiøkonomiske end benzin- og dieslbiler og udleder mindre CO₂. På baggrund af analyser af danske transportvaner², der viser at 90 pct. af alle ture er under 50 km, vurderes elbilen trods sin (med den nuværende teknologi) begrænsede rækkevidde at kunne dække en betydelig del af danskernes daglige transportbehov.

Den CO₂-mæssige gevinst kan være større eller mindre, afhængig af på hvilket tidspunkt af døgnet batterierne til elbiler lades op³. Skabes der rammer for, at den el, der anvendes til opladning af bilernes batterier, sker på de rigtige tidspunkter af døgnet, vil den miljømæssige fordel ved elbiler frem for benzin- og dieslbiler være markant. De optimale miljø- og klimamæssige fordele ved elbiler opnås ved en styring af samspillet mellem elbiler og elsystem, f.eks. ved at elbiler lader, når der produceres meget el fra vindenergi og/eller, at der er lav belastning af elnettet, hvilket typisk er tilfældet om natten. Den form for opladning, hvor man kan tilpasse ladningen til forholdene i elsystemet kaldes populært *intelligent opladning*.

El-biler passer ind i et fremtidigt dansk elsystem, hvor en stigende del af elproduktionen vil komme fra vind. I dag udgør vind knap 20 pct.⁴ af den danske elproduktion. I 2020 vil vind ifølge Energistyrelsens basisfrem-

¹ Energistatistik 2008, Energistyrelsen

² Kilde DTU-Transport, Transportvaneundersøgelsen, 2006

³ Der er her set bort fra EU-kvotesystemet, jf. senere beskrivelse i rapporten.

⁴ For 2008 var andelen 18,3 pct., Energistatistik 2008, Energistyrelsen

skrivning⁵ udgøre omkring 30 pct. af den samlede elproduktion. For at belyse betydningen af en relativt større mængde vindbaseret el er der i det følgende også medtaget et regneeksempel med en vindkraftandel på over 50 pct.⁶

Elproduktionen fra vindmøller er svingende og sker over hele døgnet – også om natten, hvor forbruget er lavt. En effektiv udnyttelse af de fremtidige øgede mængder vindenergi forudsætter, at det er muligt at af-sætte elektriciteten, mens den produceres.

Her vil elbiler kunne spille en vigtig rolle. Et tilstrækkeligt stort antal elbiler med hver sit batteri vil samlet kunne udgøre en form for el-lager, der kan nyttiggøre betydelige mængder fluktuerende el, idet de kan lade om natten og køre (bruge strømmen) om dagen. Man har på denne måde afkoblet tidspunktet for, hvornår elektriciteten produceres, fra hvornår den gør gavn, populært kaldet *intelligent forbrug*.

Det intelligente forbrug forudsætter, at der er mulighed for, at opladningen af batterier kan ske på tidspunkter, hvor den resterende del af samfundets behov for el er lav, hvorved elnettet fungerer intelligent – dvs. elnettet er et smart grid. Foreløbige beregninger viser, at behovet for nye/yderligere investeringer i udbygning af elnet og -produktion ved introduktion af elbiler vil være begrænset ved intelligent opladning. Såfremt elbiler introduceres i et større antal på det danske marked, vil der være både samfundsøkonomiske, miljømæssige og forsyningsmæssige fordele ved, at opladning af bilernes batterier sker "intelligent" på de tidspunkter af døgnet, hvor efterspørgslen efter el til andre formål er lav.

3 Politiske rammebetingelser

Med regeringens arbejdsprogram "Danmark 2020" skal der både ske væsentlige energibesparelser og gennemføres en markant udbygning af den vedvarende energiforsyning for at bane vejen for det langsigtede mål om, at Danmark skal være et samfund uafhængigt af fossile brændsler. Af regeringsgrundlaget fremgår det, at andelen af vedvarende energi skal udgøre mindst 30 pct. i 2025, og at Danmark på lang sigt skal være uafhængigt af fossile brændstoffer. I energiaftalen fra februar 2008 fremgår det endvidere, at bruttoenergiforbruget skal falde med 4 pct. frem til 2020 set i forhold til forbruget i 2006.

Herudover har regeringen som nævnt ovenfor meldt ud, at "CO₂-kurven" på transportområdet skal knækkes. I regeringens transportpolitiske udspil fra december 2008 fremgår det, at regeringen vil fremsætte lovforslag om en grøn kørselsafgift. Det nævnes i den forbindelse, at "Øget udbredelse af elbiler og plug-in hybridbiler vil være afgørende for, at der kan opnås væsentlige reduktioner i transportsektorens CO₂-udledning, samtidig med at der opretholdes høj mobilitet". Med regeringens arbejdsprogram "Danmark 2020" fra februar 2010 er det endvidere besluttet, at elbiler skal afgiftsfritages frem til og med 2015.

På EU-plan opnåede medlemslandene i december 2008 enighed om en række klima- og energipolitiske mål for 2020:

- de sektorer, der ikke er omfattet af EU's kvotehandelsdirektiv, som fx landbrug, transport og husholdninger, skal reducere deres CO₂-udledning med 20 pct.

⁵ Energistyrelsen, 2009. Basisfremskrivningen indregner alene betydningen af trufne politiske beslutninger samt generel forventning til effektivitet ift. teknologisk udvikling. Fremskrivningen benyttes i fremskrivninger i relation til Danmarks EU-forpligtelser

⁶ Modelberegning til brug for vurdering af konsekvenserne ved udbygning med en meget stor andel vind og mindre kondensproduktion, Energistyrelsen

- andelen af vedvarende energi skal øges, hvilket betyder, at 30 pct. af Danmarks energiforbrug skal udgøres af vedvarende energi mod de nuværende knap 20 pct.
- transportsektorens energiforbrug af vedvarende energi skal være på 10 pct.⁷

Hvis Danmark skal være uafhængig af fossile brændsler, kan biler drevet af el muliggøre, at transportenergiforbruget dækkes med en bred vifte af VE, f.eks. vind, sol og biomasse.

Elbiler bidrager isoleret set ikke til at øge anvendelsen af vedvarende energi, men introduktionen af elbiler kan tilskynde til, at den anvendte el i højere grad forsynes fra vedvarende energikilder. I og med at det endelige energiforbrug reduceres betydeligt ved overgang fra benzin/diesel til el, øges den procentuelle andel af vedvarende energi imidlertid, idet der samlet set anvendes mindre (fossil) energi. Elbiler kan samtidig bidrage til at øge fleksibiliteten i elsystemet og dermed gøre det lettere og billigere at indpasse store mængder fluktuerende elproduktion fra f.eks. vindmøller. Det fossile brændselsforbrug, som kan henføres til elbilernes elforbrug, vil derfor være aftagende over tid.

Der forventes i 2020 i alt at være op mod 2,5 mio. personbiler i Danmark. Til illustrative formål er der gennemført et regneeksempel, der viser effekten ift. de forskellige energipolitiske målsætninger, hvis 200.000 elbiler i 2020 erstatter det transportarbejde, der ellers ville kræve 10 PJ brændstof i forbrændingsmotorer.

Sammenholdes effekten med de enkelte politiske målsætninger, jf. nedenstående tabel 3.1 ses, at 200.000 elbiler fx vil kunne bidrage til at fortrænge 6,4 PJ fossilt brændsel, hvilket svarer til knap 1 pct. af det samlede forbrug af fossile brændstoffer og samtidig reduceres bruttoenergiforbruget med 3,9 PJ svarende til 0,5 pct. af det samlede forbrug.

10 PJ forbrændingsmotorer udskiftes med elbiler i 2020		
Målsætning	Effekt	pct. i forhold til 2008
VE i endelig energi	0	0,3 pct. point
VE i transport	3,6 PJ VE	1,6 pct. point
Ikke-kvote emissioner	-0,7 mio. ton CO ₂	-1,9 pct.
Bruttoenergiforbrug	-3,9 PJ	-0,5 pct.
Fossile brændsler	-6,4 PJ	-0,9 pct.

Tabel 1: Målopfyldelse ved introduktion af elbiler⁸

⁷ Oprindeligt var der kun tale om biobrændstoffer, men nu omfattes alle former for VE, herunder el. I Danmark er der truffet beslutning om indfasning af 5,75 % biobrændstof i benzin og diesel, således at der i 2010 skal være 0,75 %, i 2011 3,3 % og fra 2012 5,75 %

⁸ I Energistyrelsens basisfremskrivning 2010 er det samlede energiforbrug til transport 227 PJ, heraf størstedelen benzin/ diesel med mindre bidrag fra el (tog) og biobrændstof. Det antages, at elbilerne målt ift. energiinput er 3,5 gange så effektive som de forbrændingsmotorer, de fortrænger. Den ekstra el, der produceres til elbilerne, antages at have samme andel af vedvarende energi som den el, der i øvrigt produceres i 2020, dvs. 50 pct. Til beregning af effekten på bruttoenergiforbrug og forbruget af fossile brændsler er det yderligere antaget, at halvdelen af den vedvarende energi er brændselsfri (f.eks. vind), og at der til den øvrige elektricitet anvendes 2½ enheder brændsel for hver enhed el, der bruges i elbilerne.

Kilde: Energistyrelsen

4 Karakteristika ved el- og plug-in hybridbiler

En elbil er karakteriseret ved, at den alene kører på den el, som fra elnettet er opladet på et batteri i bilen. En elmotor udnytter den tilførte energi 3-4 gange bedre end en benzin- eller dieselmotor.⁹

De plug-in hybridbiler, der forventes markedsført inden for de kommende år, har udover en elmotor også en benzin- eller dieselmotor, som både kan generere el til bilens batteri og (for nogle typeres vedkommende¹⁰) også stå for fremdriften af bilen. Plug-in hybrid bilen vil derfor kunne være uafhængig af el-opladning fra stationære kilder.

Der er forskel på elbilers og plug-in hybridbilers rækkevidde. Elbilen har med den nuværende teknologi en rækkevidde på 120 - 200 km pr. opladning. En plug-in hybrid kan have en rækkevidde fra 500 - 1.200 km per opladning/optankning, men hvor batteriet alene vil kunne give en rækkevidde på 20 - 100 km. Batteriet i en plug-in hybridbil er således mindre end i en elbil.

Opladning af batterierne på en elbil vil kunne ske ved central opladning, som f. eks. batteriskifte-stationer og lynladningsstationer (15 min. ladning) eller ved decentral opladning ved f.eks. bolig eller arbejdsplads over en længere periode (op til 6-8 timer).

Der er i dag meget få elbiler på markedet. I Danmark er der under 500 indregistrerede el-personbiler sammenholdt med godt 2 mio. konventionelle personbiler. Elbilerne er typisk ombyggede konventionelle biler, eller biler der indgår i meget små serier, som fx bilmærket Think. Der er således ikke tale om masseproducerede serieproduktioner, og det betyder, at elbiler i dag er relativt dyre sammenholdt med konventionelle biler. Til eksempel markedsføres en ombygget Citroën C1 til ca. 220.000 kr. ekskl. afgifter, mens en tilsvarende konventionel Citroën C1 med benzinmotor koster 120.000 kr. inkl. afgifter. Prisen på elbiler forventes at kunne blive reduceret betragteligt i takt med egentlig serieproduktion, og med at priserne på batterier falder. I dag ligger prisen på batterierne til en elbil omkring 2.250-4.000 kr. pr. kWh, svarende til 45.000-120.000 kr. for et batteri på 20-30 kWh.

Der markedsføres endnu ikke plug-in hybridbiler, og der er heller ikke en entydig standard for, hvad der betragtes som et køretøj til at falde under betegnelsen plug-in hybrid¹¹. Der vil være betydelige forskelle på CO₂-udledningen fra en plug-in hybridbil, alt efter hvor stor en del af bilens el-effekt der produceres af bilen selv, og hvor stor en andel af elektriciteten der er ladet fra elnettet. Foreløbige indikationer peger dog på, at plug-in hybridbiler også vil få en højere energieffektivitet end konventionelle biler (for Opel GM's kommende plug-in, "Ampera", angives et omregnet energiforbrug til 57-68 km/l).

Prisen på en plug-in hybridbil forventes at være relativt høj i forhold til konventionelle biler. Eksempelvis forventes Opel Ampera uden afgifter at koste mellem 225.000 og 300.000 kr. Bilen kan sammenlignes med Opel Astra, som inkl. afgifter har en markedspris på ca. 200.000 kr. I takt med større serieproduktioner for-

⁹ Kilde: "Alternative drivmidler i transportsektoren", Cowi 2007. Udtrykt som km/l tilført energi kører en elbil 68 km, en benzinbil 15 km og en diesebil 19 km. (Beregnet gennemsnit for mindre standardbil, som VW Golf)

¹⁰ Der skelnes mellem seriel hybrid, hvor den konventionelle motor alene fungerer som en generator, der oplader bilens batteri, og en parallel hybrid, hvor den konventionelle motor også kan trække direkte på hjulene.

¹¹ Eksempelvis en minimumsgrænse for batteriets størrelse eller krav til den konventionelle motors/generators effektivitet for hhv. en parallel eller seriel plug-in hybridbil

ventes også prisen på plug-in hybridbiler at falde, men man skal her tage højde for, at køretøjet i sig selv er dyrere alene ved det forhold, at den skal udstyres med to motorer og et batteri med en vis kapacitet.

Elbiler udleder i sig selv ikke CO₂ eller påvirker luftkvaliteten, mens plug-in hybridbiler udleder CO₂, når de fremdrives af den konventionelle motor og/eller oplader batteriet ved hjælp heraf. Hvad enten køretøjerne oplades med el fra stationære kilder, eller ved hjælp af den konventionelle motor i plug-in hybridbilen, vil de begge forårsage CO₂-emissioner og luftforurening som følge af CO₂ udledningen fra elproduktionen. Undtagelsen herfra er dog, såfremt produktionen er baseret på ren vindenergi eller biomasse jf. ovenstående.

Batteriteknologien er helt afgørende for elbilernes og plug-in hybrid bilernes rækkevidde, og samtidig spiller ladetiden for batterierne også ind på den fleksibilitet i mobiliteten, som den enkelte bruger måtte have. I dag arbejdes der fortrinsvis med litium-ion batterier, og en opladning tager typisk 4-8 timer for en elbil og 1½-7 timer for en plug-in hybridbil afhængigt af batteriets kapacitet.

Det er også muligt at lynoplade et batteri til en elbil på under 30 minutter, men denne type opladninger formodes at øge slitagen på batteriet. Der kan ligeledes være problemer i forhold til belastning af elnettet og sikkerhedsmæssige spørgsmål, da der vil være tale om høje effektværdier. Man vurderer almindeligvis, at de nuværende batterier kan klare ca. 1.500 dybe afladninger, hvilket ved normal kørsel vil svare til ca. 10 års anvendelse.

I tilknytning til elbilens rækkevidde m.v. er det vigtigt at holde sig for øje, at der er behov for fælles standarder således, at bilerne bruger samme ladestik og batterierne følger nogle standarder, der gør det muligt at benytte batteriskiftestationer.

I EU arbejdes der med at finde en standard for ladestik i løbet af 2012, men det er mere usikkert hvornår der vil være standarder for batterierne. Herudover arbejdes der med at udforme standarder med kommunikationen mellem bilerne og elsystemet, således at elbilens elforbrug kan afregnes med bilejerens elskab, og at ladningen kan tilpasses, så eksempelvis vindenergien bedre kan udnyttes.

Fælles for såvel el- som plug-in hybridbiler er, at de forventes at kunne dække en stor del af danskernes daglige transportmønster, hvor hovedparten af ture er på ca. 50 km dagligt. Ved længere ture forudsættes – særligt for elbiler – at der er adgang til at oplade bilens batteri, og dermed en hensigtsmæssig ladeinfrastruktur – alternativt, at der er mulighed for batteriskift.

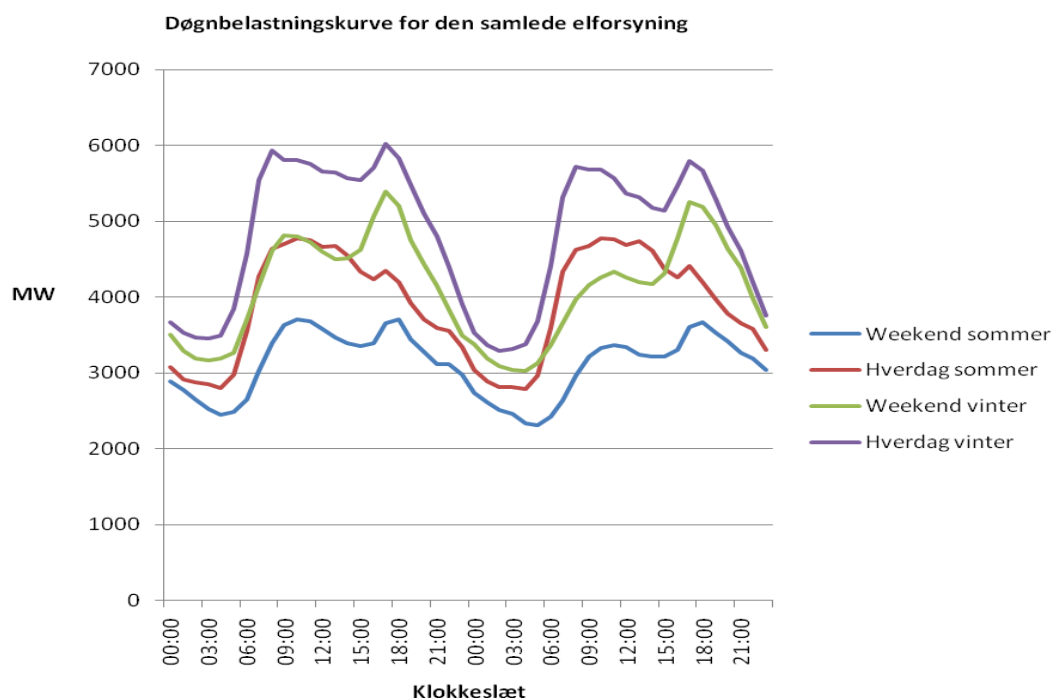
5 Elsystemet

Danmark har i dag en samlet elproduktion på godt 36 TWh/år. Ca. 80 pct. af elforbruget produceres på termiske kraftværker, hvor man overvejende anvender kul, naturgas, biomasse og affald. Resten stammer fra vindenergi.

Danmark har mange muligheder for fortsat udbygning med vedvarende energi, ikke mindst en række havarealer, der udgør et stort teknisk potentiale for udbygning med vindenergi. Indpasningen af større mængder vind i el-systemet er en udfordring, idet man er afhængig af skiftende vindforhold. I modsætning til el fra kraftværkerne kan man ikke i samme grad styre, hvornår elektriciteten produceres fra vindmøllerne. Derfor må kraftværker i ind- og udland udligne vindkraftens udsving, i det omfang man ikke kan ændre på

den aktuelle efterspørgsel på el. I takt med at elproduktionen fra vindmøller udbygges, vil der være et stadig større behov for at gøre forbruget fleksibelt, og herigennem sikre at forbruget tilpasses en optimal anvendelse af el fra vind, når den er til rådighed. Som tidligere omtalt er der i så fald tale om **intelligent** brug af el.

I nedenstående figur er angivet efterspørgslen efter el henover døgnet. Om morgenen og sidst på eftermiddagen er efterspørgslen størst, og om natten er den mindst. De termiske kraftværker (kul, naturgas, biomasse og affald) leverer derfor betydelige mængder el om morgenen og sidst på dagen, hvor efterspørgslen er størst, og mindre om natten hvor efterspørgslen er lav, og hvor vindenergien, når det blæser, kan levere el til at dække en stor del af samfundets behov.

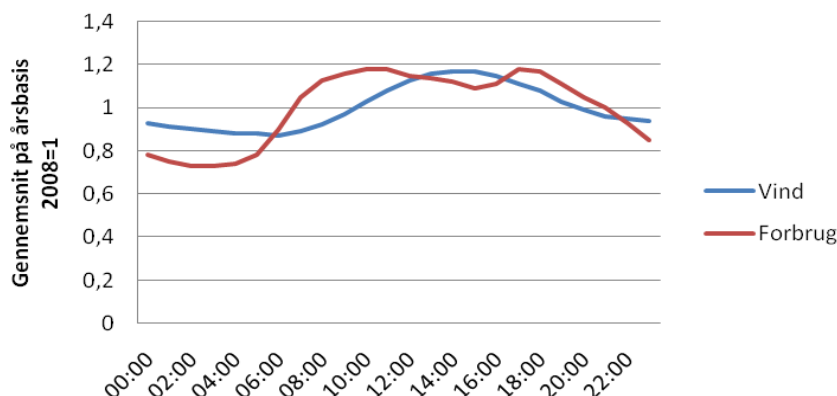


Figur 1: Efterspørgslen på el over et typisk døgn i 2005

Kilde: Dansk Energi

Med udgangspunkt i figur 1 sammenholdes i nedenstående figur efterspørgslen på el set i forhold til den døgnvariation, som vindbaseret elproduktion har over et typisk døgn. Da vindkraft udgør knap 20 pct. af elproduktionen, er kurverne indekseret omkring værdien 1, for at vise samvariationen mellem elbehov og vindbaseret elproduktion. Af figuren fremgår, at der specielt i løbet af natten er en relativt stor vindkraftproduktion i forhold til efterspørgslen, og vindproduktionen kan således dække en relativt større andel af elforbruget om natten end om dagen.

Relativ vindproduktion og elforbrug



Figur 2: Relativ vindproduktion og elforbrug i 2008 for hele landet (1,00=gennemsnit på årsbasis)

Kilde: Energistyrelsen

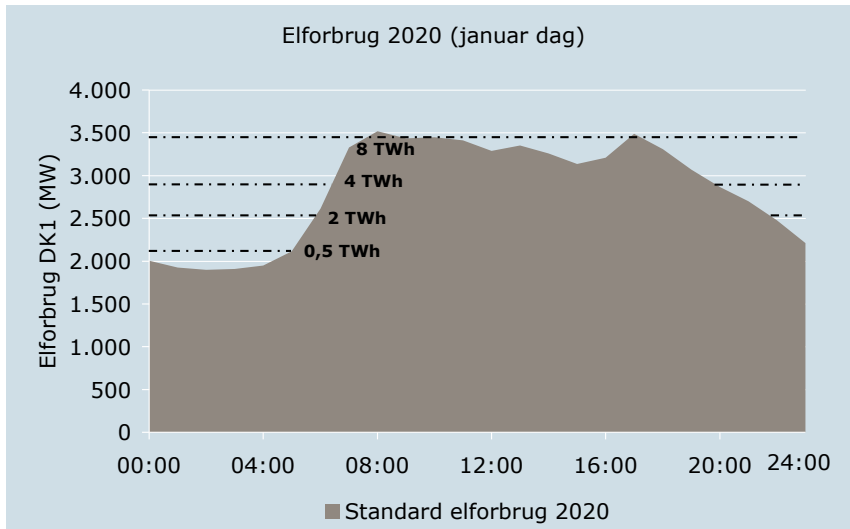
6 Intelligens og elproduktionskapacitet

En beregning af det fremtidige elbehov, såfremt hele den eksisterende bilpark af personbiler i 2020 skulle være elbiler, viser med udgangspunkt i det beregnede energibehov i Energistyrelsens basisfremskrivning, at en elbil i gennemsnit forventes at have et elbehov på ca. 3300 kWh/år¹².

For en vurdering af årsforbruget for elbiler i en introduktionsfase, hvor eksempelvis 10 pct. af bilparken udskiftes med elbiler, må det imidlertid forventes, at der typisk vil være tale om mindre og lettere biler, som vil have et lavere elforbrug end gennemsnittet af den samlede bilpark. I en introduktionsfase med eksempelvis 200.000 elbiler, vil et forsigtigt skøn være et årsforbrug pr. bil på omkring 2600 kWh svarende til samlet godt 0,5 TWh eller knap 1,5 pct. af det danske elforbrug (2008)¹³. Evt. begrænsninger i elproduktionskapaciteten til at kunne levere tilstrækkelige mængder el vil ikke så meget afhænge af den samlede årsmængde af energi, der trækkes fra nettet, men derimod af den øjeblikkelige belastning (efterspørgsel) systemet udsættes for. Nedenstående figur illustrerer betydningen for produktionskapaciteten af, at de øgede mængder el til elbiler leveres intelligent.

¹² Energiforbruget for det samlede antal personbiler forventes i 2020 at være på 105 PJ for konventionelle køretøjer. Regnes med en energiudnyttelse på faktor 3,5 ift. konventionelle køretøjer vil det samlede energiforbrug være på 30 PJ svarende til 8,3 TWh for 2,5 mio. elbiler. Den enkelte elbil vil således have et årsforbrug på ca. 3300 kWh.

¹³ Der er her regnet for en standardbil, dvs. en relativt brændstoføkonomisk, mindre mellemklasse bil (som VW Golf) og forudsat et kørselsbehov på 18.000 km/år og et forbrug på 1 kWh pr. 7 km, hvilket giver godt 2600 kWh/år. (Til sammenligning bruger en gennemsnitshusstand omkring 4500 kWh om året.) Regnes i stedet på et gennemsnit såfremt samtlige personbiler var elbiler, vil elforbruget ved 200.000 elbiler være ca. 0,66 TWh.



Figur 3: Illustration af intelligent ladning set i forhold til den forventede elforbrugskurve i 2020

Kilde: Energinet.dk

Figuren viser hen over et døgn i 2020 den mængde el, der er behov for til at dække det sædvanlige forbrug (markeret med gråt). Hertil er der indarbejdet stiplede linjer, hvor arealet mellem den stiplede linje og det grå areal viser, hvor meget ekstraforbruget fra elbiler vil være. Den stiplede linje på 0,5 TWh angiver således ekstraforbruget ved 200.000 elbiler set i forhold til det øvrige forbrug, og 8 TWh svarer nogenlunde til forbruget såfremt alle personbiler i 2020 skal forsynes med el.

Figuren giver et indtryk af, hvornår det vil være mest hensigtsmæssigt at oplade bilen. Således er det øvrige elforbrug relativt beskedent i tidsrummet 23:00-06:00 i forhold til andre tidspunkter på dagen, hvorfor der vil være rum til at lade elbiler. Såfremt alle personbiler var erstattet med elbiler i 2020 – svarende til de ca. 8 TWh årligt (eller knap 25 pct. mere ift. det øvrige danske elforbrug) – ville elforbruget døgnet rundt være det samme, som når elforbruget i dag er på sit maksimale i løbet af dagtimerne. Dermed kan man også se, at behovet for at lade intelligent fra et smart grid stiger med antallet af elbiler, når man skal tage hensyn til det eksisterende elforbrug, hvor der ikke er så stor "ledig kapacitet" mellem kl. 7 og kl. 19. Dvs. at ladingen skal optimeres, så størstedelen af opladningen sker på tidspunkter, hvor det øvrige elforbrug er lavt. Dog vil det i praksis ikke være muligt, selv med en fuldstændig intelligent styring af elbilernes opladning, helt at udjævne forbrugskurven.

Endelig er det ikke nok alene at tænke på optimering ift. forbruget. Også elproduktionen – ikke mindst fra vindkraft – er fluktuerende, og skal tænkes ind i den intelligente opladning, så der lades når vindkraftproduktionen er høj (og øvrigt elforbrug samtidig er lavt).

Elbilernes krav til elsystemets kapacitet vil derfor også i en introduktionsfase afhænge af, hvornår de lader.

For situationen med 10 pct. (eller 200.000) elbiler i 2020 er der nedenfor vist fire forskellige opladningsforløb og det tilhørende effektbehov, dvs. behov for forøget produktionskapacitet. Resultatet er, at der ved den tilfældige opladning (uden intelligens) vil være behov for yderligere effekt. Derimod er det muligt ved intelligent opladning (om natten) at eliminere et yderligere effektbehov. Omvendt viser eksemplet med opladning kun i dagtimerne, at effektbehovet kan blive endnu større, hvis man lader op "uintelligent", dvs. ikke oplader om natten, hvor forbruget i øvrigt er lavest. Helt slemt bliver det naturligvis, hvis alle vil lade op

mellem kl. 17 og 18, hvor forbruget generelt ligger omkring sit maksimum. I tilfældet, hvor opladning sker jævnt fordelt henover dagen, vil der være behov for en yderligere effekt på 68 MW. Hvis hele opladningen sker i tidsrummet 16.00-21.00 vil effektbehovet øges med ca. 250-300 MW svarende til 2/3 af en ny stor kraftværksblok.

Ladeprofil ¹⁴	Effektbehov - 2020 (MW)
Tilfældig	46
Nat	0
Dag	68
Spidsbelastning	250-300

Tabel 2: Belysning af behov for ekstra kapacitet/effekt ved forskellige ladeprofiler i 2020 ved 200.000 el-biler

Kilde: Energistyrelsen

Hvis elbilernes samspil med el-systemet indrettes så intelligent, at elbilerne på længere sigt kan levere effekt tilbage til elsystemet (vehicle to grid - V2G) i situationer med en unormal efterspørgsel i forhold til produktionskapacitet, kan elbilerne udgøre en "buffer" og potentielt reducere behovet for (spidslast)kapacitet.

7 Intelligens og elnettets kapacitet

En analyse foretaget af Energinet.dk peger på, at hvis der er tale om under 200.000 elbiler, vil det selv med en tilfældig opladningsprofil (ingen intelligens) ikke give problemer i *transmissionsnettet*, der er det overordnede (højspændings-) elnet.

Ses på *distributionsnettet* forholder det sig lidt mere nuanceret. Fra et igangværende samarbejdsprojekt mellem NRGi (distributionsselskab), DEFU (Dansk Energis Forsknings- og Udredningsafdeling) og Energinet.dk (national netoperatør) om vurdering af elkapaciteten i nettene foreligger nogle foreløbige analyser.

Overordnet er konklusionen, at ved at indbygge intelligens i ladeløsningerne kan der forsynes et større antal elbiler uden behov for at forstærke elsystemet. Det vil imidlertid kræve yderligere analyser mere præcist at kunne angive størrelsen af behovet for forstærkning af distributionsnettet ved intelligent opladning af et større antal elbiler.

Hvis der ses på ledig kapacitet i perioden 16:00-05:00, er forsyningen til forbrugerne¹⁵ teoretisk set stor nok til, at alle boliger kan oplade elbiler ved en ideel udnyttelse. Dette vil dog kræve en fuldstændig overvågning af net og optimal kontrol af elbilernes ladning, hvilket ikke er realistisk. Der skal endvidere være plads

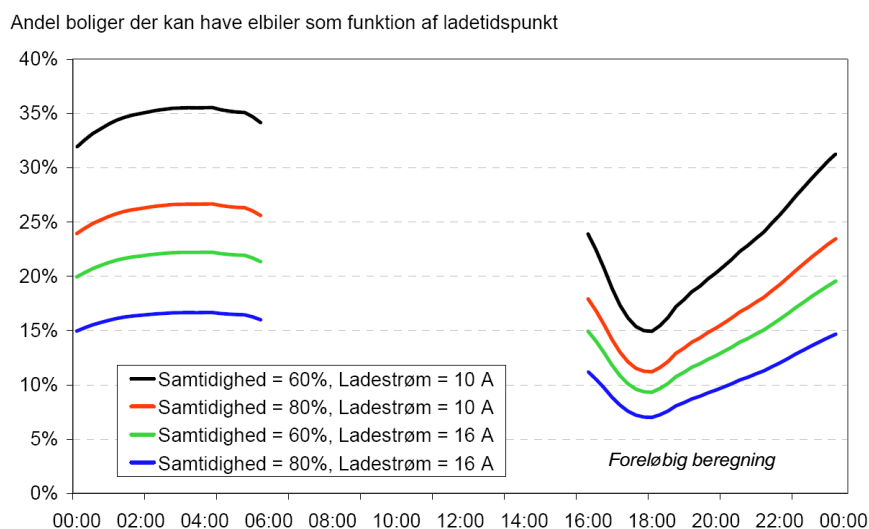
¹⁴ Tilfældig opladning: Opladningen sker på alle tidspunkter af døgnet med samme gennemsnitlige træk. Natopladning: Opladningen sker jævnt i de 8 nattetimer tættest på midnat. Dagopladning: Opladningen sker jævnt i de 16 timer tættest på middag.

¹⁵ Der er tale om et foreløbigt resultat for netkapaciteten, hvor der ses på en ikke atypisk 0,4 kV afgrening. Udbredelsen af elbiler kan ske mere eller mindre koncentreret inden for forskellige geografiske områder, og således føre til større lokale belastninger af elnettet.

til øvrige øgede elforbrug og hændelser i nettet. Analysen skal derfor alene ses som en indikation af, at man med et smart grid med og intelligent styret opladning kan forsyne en meget høj andel elbiler.¹⁶

Med en gennemsnitlig kørsel på ca. 50 km om dagen vil der typisk være behov for at skulle lade i gennemsnit omkring 7 kWh pr. dag. Det vil med en lade strøm på 16 A tage ca. 40 minutter og med 10 A godt 1 time.

Problemet i distributionsnettet er især knyttet til den samtidige opladning. I nedenstående figur er problemet søgt visualiseret i form af den procentuelle andel af boliger, der samtidig vil kunne lade en elbil set i forhold til opladningstidspunkt uden forstærkning af distributionsnettet.



Figur 4: Netkapacitet for andel af boliger der kan lade samtidig ved forskellig lade strøm. Bemærk, at analysen er begrænset og ikke omfatter tidsrummet 05:00-16:00

Kilde: NRGi, DEFU og Energinet.dk, 2009

Y-aksen viser antallet af boliger i et boligområde eller på en vej, der har en elbil. Det ses heraf, at hvis fx hver fjerde bolig har en elbil, vil 80 pct. af disse kunne lade samtidig, hvis de gør det om natten med en lade strøm på 10 A (den røde kurve). Hvis kravet derimod kun er, at 60 pct. skal kunne lade samtidig om natten med 10 A, vil der være plads i ledningsnettet, til at hver tredje bolig har en elbil (den sorte kurve). Den foreløbige vurdering af distributionsnettet viser endvidere, at hvis mere end 5-8 pct. af husstandene har en elbil, og de lader samtidigt kl. 18 med 16 A uden hensyn til nettets tilstand (den blå kurve), kan der blive behov for forstærkninger af infrastrukturen lokalt.

Figuren illustrerer på trods af en vis usikkerhed, at der er en næsten dobbelt så stor kapacitetsforskel i distributionsnettet mellem at lade intelligent (i nattetimerne) og unintelligent (i spidslasttiden omkring kl. 18). Figuren viser også, at hvis lade strømmen nedsættes fra 16A til 10A, vil der kunne lades 50 pct. flere biler samtidig. Distributionsnettets kapacitet afhænger således, ud over det tidspunkt der lades på, dels af den lade strøm der anvendes, og dels af antallet af biler, der lader samtidig.

¹⁶ Det bemærkes, at indpasning af vindkraft kræver fleksibilitet til at opladning kan tilpasses de timer, hvor der er høj andel af vindkraft og lavt elforbrug. Opladning bør derfor ske under et sammenlagt hensyn til vindkraft produktion og ledig kapacitet i elnettet.

8 Intelligens og CO₂-reduktion

En elmotor udnytter den tilførte energi mindst 3-4 gange bedre end en konventionel motor. Hvis elektriciteten produceres med vindkraft, kan der regnes med en 100 pct. virkningsgrad, hvorimod der, hvis produktionen sker på et termisk værk, også vil være et energitab ved elproduktionen. Selv om energitabet ved elproduktionen på et termisk værk indregnes, bruger elbilen stadig mindre energi pr. kørt km.

EU's CO₂-kvotehandelsystem medfører, at øget elforbrug til elbiler ikke fører til en samlet højere CO₂-udledning fra den kvotebelagte del af energisektoren¹⁷, men til lavere CO₂-udledning i transportsektoren, idet der ikke udstedes ekstra kvoter som følge af flere elbiler. Elbiler fører således ikke til øget CO₂-udledning, ligegyldigt om elektriciteten er produceret på et kulkraftværk eller af en vindmølle, fordi elproduktionen er underlagt et loft over hvor meget CO₂, der må udledes.

Det ændrer dog ikke ved, at der konkret udledes CO₂ ved anvendelse af fossile brændsler i elproduktionen, hvilket ikke er tilfældet ved el fra vindmøller – dvs. jo større andel vedvarende energi, jo lavere reel CO₂-udledning.

I nedenstående figur er det samlede energiforbrug (forbrug såvel i bilen som forbrug til produktion og distribution af drivmidlet) og den samlede virkningsgrad for hhv. en elbil, en benzinbil og en diesebil gjort sammenligneligt, i form af hvor langt en bil kan køre på en liter benzin(ækvivalent). Når der er angivet en forskellig virkningsgrad for el-bilers energieffektivitet, skyldes det, at energitabet, der er forskelligt for forskellige produktionsformer, er indregnet.

Samlet energiforbrug og virkningsgrad for forskellige drivmidler				
El ¹⁸			Benzin	Diesel
	Kondens	Vind		
Energiforbrug	26 km/l	57 km/l	12 km/l	17 km/l
Virkningsgrad	30 pct.	65 pct.	14 pct.	19 pct.

Tabel 3: Samlet energiforbrug ved transport i el og konventionelle motorer.

Kilde: Alternative drivmidler i transportsektoren, Cowi, 2007

Udledning af CO₂ pr. kørt km afhænger af, hvor stort CO₂-indhold der er i den el, der bruges til at lade batterierne op. Der er ikke noget entydigt svar på hvilken el, som elbilerne bruger, og hvad det betyder for brændselsforbrug, CO₂-udledning m.m. i elsystemet. Der er derfor flere mulige betragtningsmåder, hvoraf ingen entydigt er rigtige eller forkerte.

- Hvis der udelukkende anvendes el fra vindmøller er CO₂-udledningen fra en elbil nul.

¹⁷ Det antages her, at ekstra el til elbilerne kommer fra kvoteomfattede elværker og produceres på biomasse eller på naturgas med en samtidig nedgang i elproduktionen på kul. Vindmøller, vandkraft og atomkraft er ikke svingproducenter – de producerer det de kan under alle omstændigheder.

¹⁸ Ved marginal produktion er der her taget udgangspunkt i gennemsnitligt dansk kondenskraftværk (dvs. primært kulbaseret). Der er ikke regnet med nyttiggørelse af biprodukter som f.eks. varme, ved elproduktionen. Der regnes med en virkningsgrad på 40 for kondensproduktion og 100 for vindproduktion.

- Hvis det i stedet antages, at el til elbilerne kommer fra den til enhver tid gældende (korttids-)marginale elproduktion (kondens)¹⁹ bliver CO₂-udledningen væsentlig større²⁰.
- Antages el til elbiler at komme fra den gennemsnitlige danske elproduktion baseret på kul, biomasse, naturgas og vind, vil CO₂-indholdet pr produceret kWh være betydeligt lavere end ved en marginal betragtning.

Med en sådan tilgang er det tilpasningen af et fleksibelt elforbrug og sammensætningen af den aktuelle elproduktion, der er afgørende for den mulige CO₂-reduktion. Dvs. at i jo højere grad systemet kan indrettes, så elbilerne i stor udstrækning kan hjælpe med et fleksibelt elforbrug, jo lettere indpasning af vindproduceret el og i jo højere grad vil CO₂-udledningen falde.

Med et større antal elbiler, som vil udgøre en fast del af det samlede forbrug af el, vil det således ikke være relevant at betragte dette elforbrug som marginalt. Det må derimod vurderes ud fra en gennemsnitsbetragtning.

Ud fra Energistyrelsens basisfremskrivning kan der for 2020 beregnes en gennemsnitlig CO₂-emission på 337 g/kWh. Det svarer til ca. 48 g CO₂/kørt km.²¹

Den gennemsnitlige andel af vindproduceret el er relativt større om natten end om dagen. El produceret om natten vil derfor i gennemsnit have et lavere CO₂-indhold pr. produceret kWh end om dagen.

Til brug for en belysning af døgnvariationens betydning har Energistyrelsen regnet på 2 andre situationer. Dels en situation på helt kort sigt med 22 pct. vindenergi i elproduktionen, og dels en situation i med 54 pct. vind i elsystemet. Omregningen til g CO₂ pr. kørt km ses i nedenstående skema.²² Det ses ikke overraskende af beregningerne, at den relative fordel ved opladning om natten stiger med andelen af vindkraft i elsystemet.

¹⁹ Denne er sammensat af kul, naturgas og biomasse i et forhold der bestemmes af brændselspriser, kvotepriser og tilskud. I 2010 er CO₂-indholdet i den marginale kWh ca. 850 gram (overvejende kul). I 2020 er det ifølge Energistyrelsens nye basisfremskrivning 2010 faldet til ca. 784 gram (kul, gas, biomasse). Vindmøller, vandkraft og atomkraft er ikke sving-producenter – de producerer det de kan under alle omstændigheder.

²⁰ Såfremt elektriciteten produceres ved kondensdrift, vil der skulle bruges 2½ enhed energi til at producere 1 enhed el. Da elbilens energieffektivitet er ca. 3½ højere end de konventionelle biler, vil der således alligevel være tale om en reduktion af bruttoenergiforbruget. Man kan således sammenholde el baseret på ren kondensdrift som et worst-case scenarie.

²¹ Der er her regnet med, at elbilen kører 7 km pr kWh.

²² Simuleringerne er modelberegninger, der på timebasis over året beregner elproduktionen fra de forskellige teknologier. For vind og sol ud fra foruddefinerede produktionsprofiler og for de andre (regulerbare) teknologier ud fra en foruddefineret lastfordelingsrækkefølge. Der skelnes ikke mellem anvendelse af forskellige typer brændsler på samme type teknologi. Modellen opererer med produktionsteknologierne: Vindkraft, Solenergi, Kondens og Kraftvarme, og er suppleret med forbrugsteknologierne, Elbiler, Varmepumper, Varmelager og Varmekedler, der gør indpasning af vind lettere. Resultatet fra modellen er produktionssammensætningen i elsystemet for hver time i året. På baggrund heraf er beregnet en gennemsnitlig produktionssammensætning om natten (22-06) og om dagen/aftenen (06-22). Med den gennemsnitlige produktionssammensætning, kan som resultat findes en gennemsnitlig CO₂-emission pr forbrugt kWh, der endelig med en fast faktor 7km/kWh omregnes til g CO₂/km.

	Simulering 2010-15	Energistyrelsens basisfremskrivning 2020	Simulering
	22 pct. vind	30 pct. vind ²³	54 pct. vind
CO ₂ emission Dag	74 g/km	53 g/km	31 g/km
CO ₂ emission Nat	60 g/km	43 g/km	22 g/km

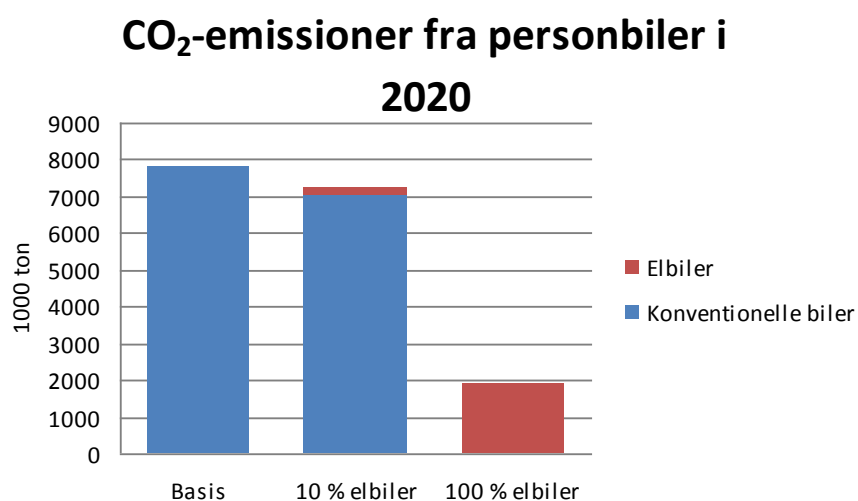
Tabel 4: CO₂ emissioner pr. kørt km afhængig af ladetidspunkt dag/nat,

Kilde: Energistyrelsen

Ovenstående tabel viser, at beregnet på baggrund af Energistyrelsens basisfremskrivning vil en el-bil i 2020 ved intelligent opladning udlede ca. 43 g CO₂/km. I en beregning, hvor der forudsættes et højt indhold af vindkraft i elproduktionen (her over 50 pct. vind), vil CO₂ udledningen ved intelligent ladning kunne reduceres til 22 g/km.

Sammenlignes med en konventionel benzin- eller dieselbil, er den gennemsnitlige udledning pr kørt km hhv. 182 g CO₂ og 142 g CO₂, når der ses på det samlede energiforbrug (well-to-wheels)²⁴. Med op mod 2,5 mio. personbiler, der årligt hver tilbagelægger 18.000 km i gennemsnit, er der derfor et væsentligt reduktionspotentiale i CO₂-udledningen fra transportsektoren ved brug af elbiler.

Nedenstående figur illustrerer for personbilsbestanden, hvor meget CO₂-udledningen vil være ved henholdsvis en fastholdelse af konventionelle personbiler og efter en introduktion på hhv. 10 pct. og 100 pct. elbiler. Det gælder for både elbiler og konventionelle biler, at der er indregnet en teknologisk udvikling, der over tid reducerer udledningen pr. km. Ud over personbilerne vil det i øvrigt også være muligt at erstatte varebiler og små lastbiler med el.



²³ Forskellen mellem nat og dag indregnet som 0,55 : 0,45.

²⁴ Kilde: Rapport om alternative drivmidler, Cowi 2007

Figur 5: Samlede danske CO₂ emissioner for personbiler ved forskellige andele elbiler i 2020²⁵

Kilde: Energistyrelsen

9 Konklusion

Vejtransport er 99,9 pct. afhængig af fossile brændsler og udleder ca. 25 pct. af den samlede mængde CO₂. El-biler kan være en del af løsningen på at knække transportsektorens CO₂-kurve, reducere afhængigheden af fossile brændsler, og samtidig bidrage til forsyningsikkerheden.

Elbiler er mere energieffektive sammenlignet med benzin- og dieslbiler, og kan bidrage til såvel forbedret lokalt som globalt miljø.

De store fordele opnås især, hvis der bl.a. ved etablering af smart grids kan skabes et egentligt samspil med elsystemet i form af styring af opladning af bilernes batterier, således at det sker på tidspunkter af døgnnet, hvor efterspørgslen efter el ellers er lav, men hvor der fortsat i Norden produceres el fra vind, vandkraft eller a-kraft, og samtidig (på sigt) bruger elbilers lagerkapacitet af el til at trække på, når efterspørgslen på el er høj.

Denne form for fleksibilitet vil få stigende betydning, i takt med at Danmark udbygger sin produktion af vindenergi – idet den type energi ikke produceres ud fra efterspørgselsmønstret, men når der er vind. Det vil endvidere markant reducere behovet for investeringer i yderligere udbygning af elnet- og produktionskapacitet. Fordelene elbiler kan derfor ikke ses isoleret fra elsystemet, men må ses i samspillet med elsystemet.

Med et øget antal elbiler er en af de store udfordringer at optimere samspillet mellem elbiler og elsystem, både teknologisk i form af at udvikle styringsteknologi og adfærdsmæssigt i form af at skabe de rette incitamenter hos ejerne af elbiler til at oplade bilernes batterier på tidspunkter, hvor det giver de største miljø- og samfundsøkonomiske fordele.

Benzin- og dieslbiler har i dag en række fordele sammenlignet med elbiler. Bl.a. har benzin- og dieslbiler, længere rækkevidde og de masseproduceres i et stærkt konkurrencepræget marked, hvilket har reduceret produktionsomkostningerne. Elbiler produceres stadig i meget små serier eller som prototyper, til høje priser. Samtidig er der for benzin- og dieslbiler opbygget en infrastruktur - både i form af tankstationer og servicering, der helt mangler for elbiler.

Skal elbiler introduceres i et større antal, skal de kunne konkurrere prismæssigt med benzin- og dieslbiler; der skal opbygges infrastruktur, så det er bekvemt at oplade/skifte batteri (herunder afregne for den leverede el); der skal etableres fælles standarder internationalt; batteriteknologien skal fortsat udvikles, så bl.a. rækkevidden forøges; der skal, med den begrænsede rækkevidde batterierne i dag har, udvikles alternativer, når en elbilejer har brug for længere rækkevidde.

²⁵ I figuren er der regnet med gennemsnit. Det vil ifølge Energistyrelsens seneste basisfremskrivning sige 337 g CO₂ pr. produceret kWh. Til sammenligning vil CO₂-emissionerne i yderpunkterne være 0 g CO₂ pr. kWh for ren vindproduceret el, mens tallet for marginal kondensproduktion vil være 784 g CO₂ pr. kWh.

Bilag

Bilag 1: Ladeinfrastruktur – begreber, terminologi og aktuel status

Bilag 2: Konsekvenser for elsystemet ved introduktion af elbiler og plug-in hybridbiler

Bilag 3: Intelligens i elsystemet

Bilag 4: Bilbatterier som fleksibelt lager

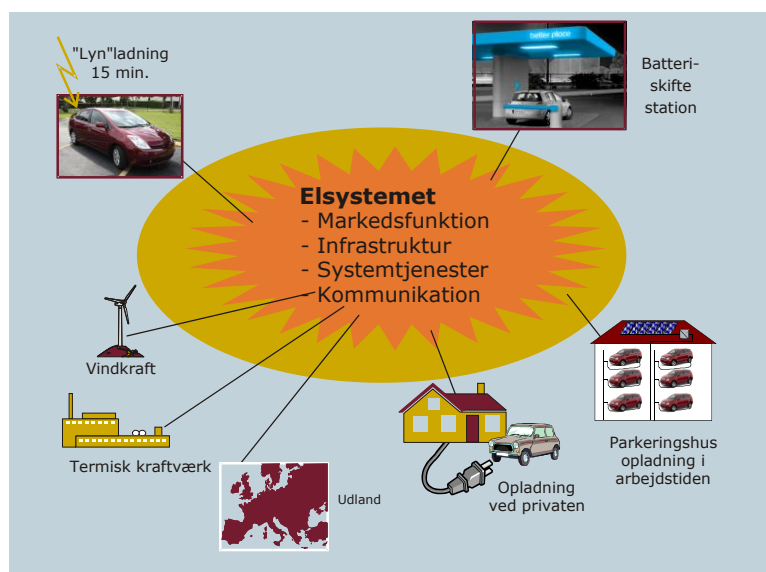
Bilag 5: Elbiler og plug-in hybridbiler i forhold til elforsyningslovgivningen

Bilag 1: Ladeinfrastruktur - begreber, terminologi og aktuel status

Elbilen kan få energiforsyning til batteriet ved en række forskellige lademuligheder, der groft kan opdeles i centrale løsninger med batteriskiftestation eller lynladning og decentrale løsninger med opladning ved bolig, arbejdsplads, parkeringshus eller på anden vis i det offentlige rum.

B1.1 Muligheder for energiforsyning til el- og plug-in hybridbiler

En skitse af de typiske løsninger til opladning og sammenspillet med det øvrige elsystem fremgår af figur B.1.1.



Figur B.1.1: Infrastruktur til opladning af elbiler i samspil med det øvrige elsystem

Kilde: Energinet.dk

B1.1.1 Opladning ved privat bolig, virksomheder eller det offentlige rum

Elforbruget er relativt lavt om natten. Det medfører, at vindkraften i disse timer dækker en relativt stor del af elforbruget. Netop fordi efterspørgslen er lavere om natten, udbydes el til lavere priser på elmarkedet, som dog i dag ikke afspejler sig hos den enkelte forbruger²⁶. Set ud fra et ønske om at indpasse store mængder vindkraft er en opladning ved boligen om natten meget hensigtsmæssig.

Den private husstand med parcelhus er typisk forsynet med en stikledning på 63 A eller evt. 40 A ved en ældre installation. Aftageretten fra stikledningen er dog typisk begrænset til 25 A, hvis ikke særlige aftaler er indgået med netselskabet, og den gennemsnitlige strøm ligger typisk på under 5 A. Såfremt aftaget skal øges fra de typiske 25 A til 63/40A, vil dette være muligt ved en ændring af elmåbertavlen i den enkelte bolig.

Eldistributionsnettet er typisk dimensioneret ud fra en spredning i elforbruget således, at der kan forsynes med ca. 10 A samtidig for hver husstand. Der er således en ledig kapacitet i stikledningen (63/40 A) som kan

²⁶ Dette vil teknisk kunne ændres ved installation af en måler og tidsmæssig afregning

forsyning en kraftig opladning, hvis kun enkelte forbrugere samtidigt gør brug af dette. En opladning på 40 A vil kunne give en typisk elbil opladning på ca. 1 time. Det skal dog bemærkes, at ladning generelt vil afhænge af transmissions- og distributionsnettet for el.

Opladning ved virksomheder i dagtimerne kan blive relevant specielt for pendlere, hvor afstanden til arbejdspladsen og hjem igen overstiger bilens aktionsradius.

Set ud fra perspektivet om indpasning af vindkraften er det ikke ønskeligt, at hovedparten af energileverancen sker i dagtimerne. Men set ud fra, at elbilerne kan levere systemtjenester til elsystemet, dvs. regulere opladningen så den hjælper med at holde elsystemet stabilt, vil det være hensigtsmæssigt, at bilerne er tilkoblet nettet i dagtimerne.

Det er således en afvejning af disse to forhold, som via en incitaments-struktur kan bidrage til, at elbilerne er til rådighed for elsystemet om dagen, men fortsat modtager hovedparten af energiforsyningen i nattetimerne.

B1.1.1 Lynladning

Ved lynladning vil der typisk blive opladet med en så stor effekt, at bilen kan oplades på under 15 min. Det svarer til en effekt på 100-200 kW (svarende til effekten fra 15-25 elkomfurer, der kører med fuld belastning eller 10-15 boligers maksimale forbrug). Hvis 30 biler lynlader (f.eks ved et cafeteria langs motorvejen) vil det kræve en effekt i størrelsesordenen 5 MW. Lynladning vil typisk ikke være hensigtsmæssig i forhold til elsystemet, men skal ses som en supplerende forsyningsmulighed i forbindelse med kørsel udover batteriets aktionsradius.

B1.1.2 Batteriskiftestation

Ved en batteriskiftestation forventes løsninger på markedet, hvor man inden for få minutter kan få skiftet et batteri. Satsningen på dette koncept er imidlertid begrænset til meget få aktører, måske fordi det må antages at stille særlige krav til den fysiske udformning og placering af batteri-elementet i elbilen, og til varigheden af udformning af standarder.

B1.1.3 Onboard effektproduktion/ (plug-in) hybridbiler

Som alternativ til lynladning og batteriskiftestation kan bilen være suppleret med en indbygget mulighed for produktion af el fra fx en konventionel forbrændingsmotor med generator (plug-in hybrid), eller på længere sigt fra en brændselscelle på fx metanol eller brint, som i yderste konsekvens kan overflødiggøre behovet for opladning fra elnettet eller anden ekstern kilde. Hybridkøretøjer med brændselsceller er fortsat på udviklings- og demonstrationsstadiet.

B1.2 Ladeinfrastrukturens samspil med produktionssystemet

I overensstemmelse med den eksisterende liberaliserede model for elforsyning forudsættes tilstedeværelsen af et velfungerende elmarked som en del af den intelligente integration mellem elbil og elsystem. Hermed sikres, at muligheden for at anvende elbilens batteri som ressource for elsystemet (fx som regulerkraft) kan omsættes til privatøkonomiske incitamenter for en hensigtsmæssig drift af opladningen.

En ladestander ved privat bolig, virksomhed eller i det offentlige rum, som kan lade med et standardstik (op til 32 eller 63 A), betragtes som en "*alm. ladestander*". Dette i modsætning til en "*lynladestation*" hvor opladningen typisk er 5-15 gange hurtigere.

Ladeinfrastrukturen skal tilgodese en række hensyn overfor både brugere af elbiler²⁷ og elsystemet (produktion og net). En række væsentlige hensyn er herunder:

Hensyn til bruger

- **Geografisk tilgængelighed og dækning med ladeinfrastruktur**
God adgang til ladeinfrastruktur er afgørende. Infrastrukturen skal være dækkende nationalt (og gerne internationalt) med en tæt dækningsgrad, således at der er god sikkerhed for altid at kunne få adgang til en ladestation i det daglige kørselsmønster.
- **Brugervenlighed i betjening af opladning**
Brugervenlighed vedrører, hvor kompliceret og tidskrævende det er at få gennemført en opladning - herunder både forhold omkring fysisk håndtering af stik, mulighed for brugeren til at opsætte sit ladebehov afhængig af bl.a. tidspunkt og længde for kørslen og endelig betaling og afregning.
- **Opladningstid (tilgængelighed af effekt ved opladning)**
Ved effekttilgængelighed forstås her den effektoverførsel (og dermed ladetid) brugeren oplever. Adgang til ladeløsninger med en relativt høj effekt er meget væsentligt for de situationer, hvor der er relativt kort tid til opladning.

Hensyn til elsystemet

- **Hensyn til elmarkedet (spotpriser i timemarkedet)**
Opladning under hensyn til markedspriser på energi (spotpriser etc.) er væsentligt for at sikre en samfundsøkonomisk og erhvervsøkonomisk effektiv opladning.
- **Hensyn til marked for systemtjenester mv.**
I driftstimen indkøbes i dag regulerkraft og øvrige systembærende egenskaber for relativt store beløb. Det vil være hensigtsmæssigt, at elbilen kan agere på disse markeder for systemtjenester og øvrige systembærende egenskaber ved at afgive eller aftage el, når det er hensigtsmæssigt.
- **Hensyn til elnettet ved ladning**
Set ud fra energi-infrastrukturomkostningen (kabler mv.) er ladning under hensyn til nettets tilstand ved opladning væsentligt.
- **Hensyn til forsyningssikkerhed (effekttilstrækkelighed) ved ladning**
Set ud fra ønsket om at fastholde en høj forsyningssikkerhed i elsystemet er det essentielt med en ladeinfrastruktur, der kan tage hensyn til nettets tilstand og belastning ved opladning.

Hensyn til effektiv konkurrence og international integration

- **Åbne og internationalt standardiserede løsninger**
Set i et længere tidsperspektiv vil det være nødvendigt, at elbilen fungerer på tværs af landegrænser inden for landeregioner. Dels af hensyn til mobiliteten, men også for at få et effektivt produktionssystem.

²⁷ Kilde: Undersøgelser af elbilsbrugernes præferencer, Linda Christensen Ålborg Trafikdage 2009

stem af systemløsninger, der i fuld konkurrence kan producere standardiserede komponenter til et stort marked.

- **Markedskoncept og hensyn til en effektiv konkurrence**

Ladeinfrastrukturen skal matche et markedskoncept med en balanceret opdeling på regulerede aktiviteter og kommercielle aktiviteter. Det bør tilstræbes, at der etableres et åbent system med fri adgang til opladningsfaciliteter i det offentlige rum og fælles standarder, således at den samfundsmæssige nytte af investeringerne optimeres. Herunder skal det tilstræbes, at forbrugeren ikke bindes til andre ydelser. Eksempelvis bør bundling af ladestander og elsalg formentlig undgås, på samme måde som det i dag kendes fra mobiltelefoner, hvor sendemasten ikke er koblet på en specifik netudbyder.

B1.3 Hvilke modeller for ladeinfrastruktur kan man forestille sig

For at sikre elbilen en rimelig mobilitet kan man tænke sig en eller flere udviklinger fremover:

- Batteriteknologien udvikler sig således, at den rene elbil indenfor relativt få år får en typisk aktionsradius på over 350 km. Herved kan den rene elbil dække relativt meget af transportbehovet for personbiler, og som følge heraf vil der være et relativt mindre behov for lynladestationer og batteriskiftestationer.
- Alm. ladning kombineret med et rimeligt dækkende udbud af lynladestationer eller batteriskiftestationer, der sikrer rækkevidden for elbilerne. Aktører, der satser på batteriskifte-konceptet (Better Place), forventer, at den primære energilevering sker gennem ladestationer ved boligen. Batteriskiftestationen er således alene et supplement for at øge tilgængeligheden af energi.
- Lynladning vil antageligt være noget dyrere end ladning ved boligen om natten. Det må derfor også her forventes, at den bærende energiforsyning bliver på alm. ladestander.
- Elbilen udstyres med en "range-ekstender" der udvider dens rækkevidde— dvs. elbilen bliver til en plug-in hybridbil. Her kan det forventes, at energiprisen på brændselsceller vil ligge over forbrugerprisen på el forsynet via nettet, mens prisen for en løsning med motor og generator forventes at blive mere konkurrencedygtig. Der forventes dog i alle tilfælde at være incitament til, at opladning ved alm. ladestander bliver den primære forsyning.

Fælles for de forskellige modeller er et incitament til, at den primære levering vil blive opladning ved alm. ladestander. I det samlede perspektiv er det således afgørende, at netop denne forsyningsvej gøres hensigtsmæssig og intelligent mhp. indpasning af vindkraft.

B1.4 Plan for udrulning af ladestander

Ladestanderen er en hjørnesteen i fremtidens forsyning af elbaserede køretøjer - uanset om den udvidede aktionsradius baseres på hybridkøretøjer, lynladning eller batteriskiftekonceptet. Det er vigtigt, at der lægges en særlig indsats i at få undersøgt behovet for ladestander i såvel det private hjem som i det offentlige rum, herunder dens udformning for funktion. Der skal sikres en god og lige adgang for alle brugere og mulighed for at pålægge en opgradering til fremtidens internationale kommunikationsstandarder, når disse følger.

Klima- og energiministeren fremlægger som et led i ministerens plan for udrulning af intelligente elmålere inden udgangen af 2010 en plan for opstilling af ladestationer til elbiler på offentlig vej, herunder i boligom-

råder uden egen lademulighed. Udredningen vil samtidig forholde sig til, hvorvidt distributionsnettet kan håndtere den øgede belastning.

B1.5 Standardiseringsarbejde

En vigtig forudsætning for udrulning af en ladeinfrastruktur er, at der er standarder, som sikrer, at der eksempelvis kan bruges det samme ladestik ved forskellige standere, kommunikationsstandarder mv.

I EU arbejdes der med standardisering inden for følgende områder:

Lade-forbindelsen mellem elbil og el-nettet, så det samme stik kan tilsluttes ladestandere, fra det "nordlige Finland til det sydlige Grækenland". Såvel enfaset 230 Volt som 3 faser 400 Volt. Dette forventes færdig i begyndelsen af 2012. Stikket skal være standard i EU, men forventes anderledes i USA og Japan. Her deltager DONG Energy.

Kommunikation mellem elbil og el-nettet (i det såkaldte Smart Grid) så elbilen kan identificeres, når den tilsluttes en ladestander. Dette sikrer afregning hos ens eget elselskab på det frie elmarked, til den aftalte pris specielt for elbilen. Endvidere skal opladningstidspunktet kunne fjernstyres, så vindenergi udnyttes bedre. Dette forventes at kunne ibrugtages i 2012 og endelig færdiggøres i 2015. Her deltager DONG Energy og det danske firma Eurisco.

Målemetoder til fastsættelse af batteriers kapacitet samt standarder for deres fysiske udformning. Standarderne skal bl.a. tilgodese hurtig udskiftning på skiftestationer. Her deltager DONG Energy. Egentligt færdiggørelsestidspunkt kan ikke fastsættes, da der hele tiden kommer nye batterityper på markedet.

Bilag 2: Konsekvenser for elsystemet ved introduktion af elbiler og plug-in hybridbiler

Med introduktionen af el- og plug-in hybridbiler, vil der komme et større træk på elnettet – både det overordnede transmissionsnet og distributionsnettet, der forsyner den enkelte aftager/husstand. Det er derfor vigtigt at analysere, om nettene er stærke nok til at kunne klare det øgede forbrug.

B2.1 Det danske elsystem

I dag produceres el overvejende af fossile brændsler som kul og naturgas, men der indgår også en andel biomasse i den såkaldte termiske produktion. Herudover er der knap 20 pct. vindenergi. Navnlig andelen af el produceret med vindenergien vil over de kommende år gå fra de knap 20 pct. til tæt på 30 pct. Det vil bl.a. ske ved udbygning af landbaserede vindmøller og havvindmøller.

Danmark er elmæssigt forbundet med sine nabolande, og der sker en omfattende eludveksling med udlandet. Danmark er geografisk vigtigt placeret, idet de danske elforbindelser udgør en elmæssig bro mellem det nordiske vandkraftdominerede system og resten af Europa. Danmarks rolle ændres dog, i takt med at Norge og Sverige etablerer flere kabelforbindelser uden om Danmark direkte til kontinentet (Tyskland, Polen og Holland).

Sammenkoblingen med udlandet - særligt Norge og Sverige - indebærer store fordele, både hvad angår forsyningsikkerhed, ressourceudnyttelse og miljøbelastning. Danske elselskaber kan udnytte vandkraftens fordele i samspillet med vindmølle-produktionen og kraftvarmeproduktion i Danmark. Norge og Sverige kan udnytte forsyningsikkerheden i det danske system, som ikke på samme måde som det svenske og norske produktionssystem er klimaafhængigt.

I de perioder hvor vandressourcerne generelt har været rigelige, har Danmark haft en nettoimport af el. Omvendt har Danmark været nettoeksportør af el til Norge og Sverige, når vandressourcerne har været knappe. Optimering af eludvekslingen indebærer formindsket behov for reservekapacitet.

Historisk har eludvekslingen mellem Danmark og Norge og Sverige altid varieret afhængig af nedbørsmængden til vandkraftsystemerne. Afvigelser i de nordiske vandkraftressourcer overstiger det samlede danske forbrug med en faktor 2, og usikkerheden om en stabil elleverance fra nabolandene spiller således afgørende ind på den danske forsyningsikkerhed.

Vindenergi er, i modsætning til termisk el, ikke en stabil kilde, da elproduktionen i sagens natur afhænger af vinden. Elproduktionen fra vindkraft kan svinge meget fra time til time. Da vindkraftens variation ikke kan planlægges, må kraftværker i ind- og udland udligne vindkraftens udsving, idet mønstret i elforbruget i dag ikke kan ændres. Således betegnes vindenergi som fluktuerende energi, hvor der til tider vil være en større produktion end forbrug i Danmark, og der sker som følge en eksport af el til vores nabolande. I ganske få timer om året kan der være vanskeligheder med at afsætte produktion til Norden eller Europa, grundet lav efterspørgsel eller manglende kapacitet i transmissionsnettet. I de timer vil der være risiko for, at der opstår negative priser i markedet. I takt med at vindmølleproduktionen udbygges i Danmark, og i de lande der omgiver os, vil der således være et stadig større behov for at gøre elforbruget fleksibelt.

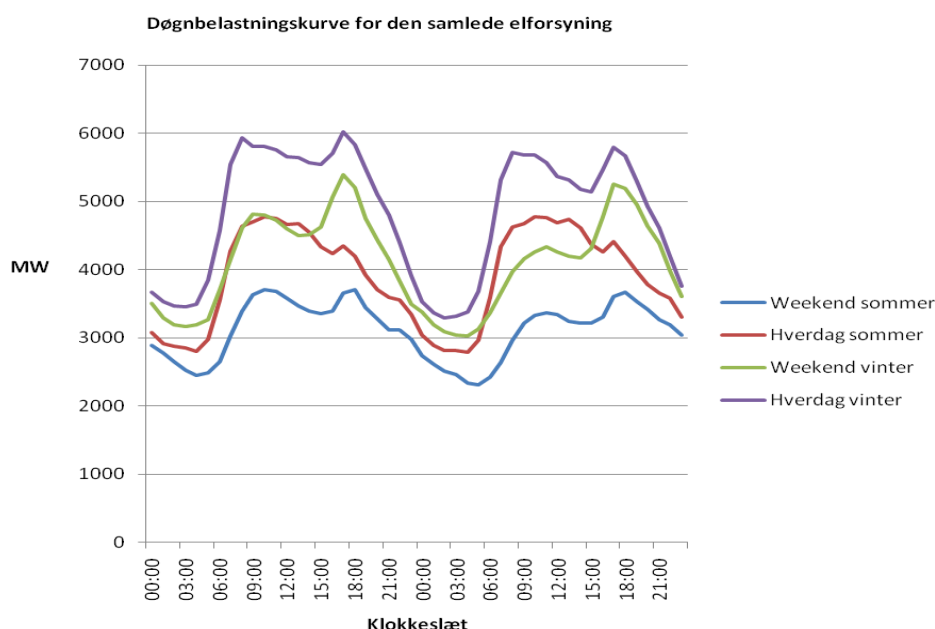
I den forbindelse er fokus rettet mod bl.a. elbiler, som vil kunne aftage elektriciteten fleksibelt, i det omfang de oplades på det rigtige tidspunkt – såkaldt intelligent ladning. Herved tager lademønstret bl.a. hensyn til, om der er ledig kapacitet i elnettet, de aktuelle priser på el, kilden til elproduktion m.v. I 2009 udgav Energinet.dk en rapport, som belyste potentialet ved en anvendelse af elbiler i det danske elsystem²⁸. Et af hovedbudskaberne i rapporten var bl.a., at jo mere intelligent et ladesystem man udvikler til el- og plug-in hybridbiler, des større er gevinsten, både hvad angår reduktion i udledning af CO₂, afhængigheden af fossile brændsler og endelig mulighederne for sikre en rentabel elafsalgning.

B2.2 Elbiler i elsystemet

Det forventes, at der i fremtiden vil være en stigende mængde vedvarende energi i elproduktionen. Et dansk elsystem baseret overvejende på vedvarende energi vil have så meget fluktuerende produktion fra vindkraft, at der er behov for at nytænke hele den tekniske regulering af el- og kraftvarmesystemet, herunder forbruget af el og varme. Elbiler kan her "levere" et nyt elforbrug, som – hvis det håndteres rigtigt – vil kunne bidrage til denne reguleringsopgave.

På grund af elbilernes høje effektivitet vil selv et relativt stort antal elbiler kun give et begrænset ekstra elforbrug. Eksempelvis vil 200.000 elbiler afhængigt af kørselsbehovet øge elforbruget med omkring 0,4-0,8 TWh eller 1-2 pct. Hvis det tænkes, at alle personbiler – op mod 2,5 mio. i 2020 – udskiftes med elbiler, skabes et nyt elforbrug på omkring 8-10 TWh.

Hvorvidt opladning af et stort antal elbiler vil være problematisk i forhold til el-nettets kapacitet, afhænger ikke så meget af mængden af energi, der trækkes fra nettet, men af den øjeblikkelige belastning, som systemet udsættes for. Figuren nedenfor viser elsystemets døgnbelastningskurve i dag (2006). Som det fremgår af kurven, er forbruget i en periode over natten noget lavere end i resten af døgnet.



Figur B.2.1: Efterspørgslen på el over et typisk døgn i 2005

Kilde: Dansk Energi

²⁸ Effektiv anvendelse af vindkraftbaseret el i Danmark, Energinet.dk, 2009

Hvor stor en effekt, elbilerne skal oplades med, afhænger af, hvor hurtigt de lades op. Hvis de lades op over natten, vil man typisk kunne klare sig med en ladeeffekt på 3-5 kW, dvs. at 100.000 elbiler vil lægge beslag på 300-500 MW, hvilket er det samme som to havmølleparker eller en stor kraftværksblok.

Hvis bilen skal lades op på få timer, vil ladeeffekten være 10-25 kW eller mere. Det er mere end maksimalbelastningen fra en almindelig husholdning, og selvom der er forskel på, hvor meget distributionsnettet yderligere kan belastes forskellige steder i landet, er det den umiddelbare vurdering, at distributionsnettet ikke alle steder er egnet til stor tæthed af denne type opladning.

Endnu mere ekstrem er lynladning, hvor der lades med 100-200 kW pr bil. Hvis 30 biler lynlader vil det kræve en effekt af størrelsesordenen 5 MW. Introduktion af så stort et nyt forbrug, vil typisk kræve etablering af ny 10 kV-station med forsyning fra 50/60 kV-nettet. Lynladning vil typisk ikke være hensigtsmæssig i forhold til det eksisterende elsystem, men kan på den anden side give muligheder på mellemlang til lang sigt i relation til at kunne absorbere spidsproduktion fra vindmøller.

Elbilernes træk på elsystemets kapacitet afhænger derfor af ladeprofilen. Der er i dag rigelig elkapacitet. I 2020 forventes en mere anstrengt kapacitetsbalance. Der er regnet på et antal forskellige opladningsforløb og effektbehovet til 200.000 elbiler. Nedenfor vises fire af forløbene. Resultatet er, at der vil være behov for yderligere effekt i 2020 ved tilfældig opladning, men at man ved intelligent opladning (om natten) ikke har behov for yderligere effekt.

Ladeprofil	Effektbehov -2020 (MW)
Tilfældig	46
Nat	0
Dag	68
Spidsbelastning	250-300

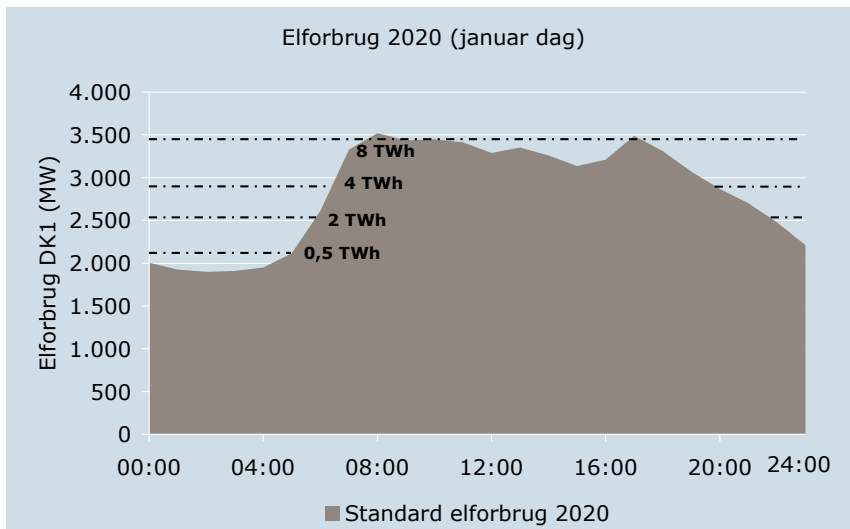
Tabel B.2.1: Belysning af behov for ekstra effekt ved forskellige ladeprofiler i 2020 for 200.000 elbiler

Kilde: Energistyrelsen

B2.3 Scenarier for opladning af elbil

En forsyning af elbilerne kan medføre behov for øget elproduktionskapacitet for at fastholde forsyningsikkerheden. Omfanget af behovet for øget elproduktionskapacitet afhænger af i hvilket omfang opladning sker under hensyn til elsystemet, dvs. hvor intelligent ladningen foretages.

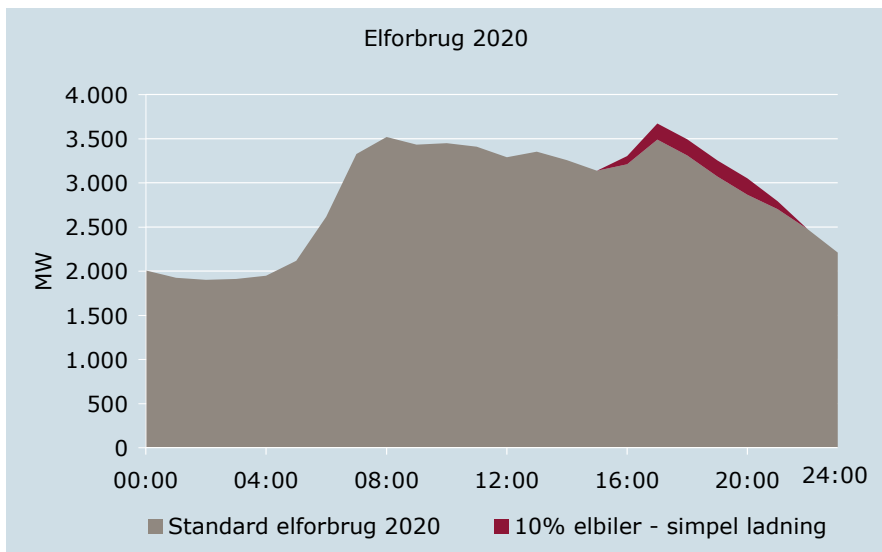
Nedenstående figur illustrerer betydningen for produktionskapaciteten af, at de øgede mængder el til elbiler leveres intelligent.



Figur B.2.2: Illustration af intelligent ladning set i forhold til den forventede elforbrugskurve i 2020
 Kilde: Energinet.dk

Figuren viser hen over et døgn i 2020 den mængde el, der er behov for til at dække det sædvanlige forbrug (markeret med gråt), og lægger så yderligere en mængde el ind, der (i form af arealerne under de stiplede linjer) markerer, hvornår det vil være mest intelligent at oplade elbilerne. Der er dels vist et forbrug på 0,5 TWh, der fuldt ud dækker behovet for de første 200.000 elbiler, dels en markering for 2 TWh, 4 TWh og endelig 8 TWh, som knap svarer til minimumsforventningen til det samlede ekstra elbehov, såfremt samtlige personbiler i 2020 skulle forsynes. Det skal i den forbindelse bemærkes, at for sommersituationen, vil øvrigt elforbrug være noget lavere, mens elbilernes behov forventes at være mere konstant.

Hvis elbilerne i "worst case" scenariet oplader ukritisk, når bilerne parkeres efter en afsluttet arbejdsdag, dvs. en opladning i tidspunktet 17-20 eller ved parkering på arbejdspladsen i tidspunktet 8-11, vil behovet for ekstra "spidslastkapacitet" til elproduktion i perioder med lav vindkraft blive ganske væsentligt. Ladning vil da ske på tidspunkter, hvor der i forvejen er et relativt højt elforbrug – jf nedenstående figur.



Figur B.2.3: Eksempel på ladning af 200.000 elbiler fordelt i de 8 timer tættest på kl. 18.
 Kilde. Energinet.dk

Hvis elbilerne derimod lader på tidspunkter, hvor der er rigelig med kapacitet fra vindkraftproduktion og et lavt øvrigt elforbrug, vil behovet for ekstra spidslastkapacitet blive mere moderat.

Og hvis elbilerne indrettes så de kan levere effekt til elsystemet (V2G) i helt særligt belastede situationer kan elbilernes ladning ske uden at øge behovet for ekstra spidslastkapacitet, eller potentielt reducere behovet for spidslastkapacitet i forhold til en situation uden elbiler.

B2.4 Betydning for elsystemet med store vindkraftandele

Denne problemstilling er nærmere analyseret i en rapport fra Energinet.dk: Effektiv anvendelse af vindkraftbaseret el i Danmark, marts 2009. Som illustration af en massiv udbygning med vindkraft kombineret med en omfattende omstilling til elbiler (og brug af varmepumper) er der i rapporten udarbejdet en simpel model af et fremtidigt dansk elsystem, hvori bl.a. indgår forbrug til elbiler på 4 TWh.

I dette system, der har 50 pct. vindkraft, er voluminet af elbilernes forbrug beskedent i forhold til vindkraften, men en opladning under hensyn til vindkraften kan have væsentlig indflydelse på antallet af timer, hvor vindkraften skal nedreguleres for at undgå et kritisk eloverløb (større produktion end forbrug).

Hvis elbilerne oplades om natten, vil de ikke udløse noget effektbehov af betydning, ligesom 4 TWh elforbrug til elbiler heller ikke i sig selv udløser krav til nye udlandsforbindelser.

B2.5 EI- og plug-in hybridbilers belastning af transmissionsnettet

Transmissionsnettet består af 400 kV-forbindelserne, som bl.a. forbinder det danske elsystem med nabolandene. Kapaciteten på disse forbindelser er meget stor, typisk mellem 1000 og 4000 MW. Desuden består transmissionsnettet af et net af 132 og 150 kV-forbindelser.

I løbet af 2007/08 blev der foretaget detaljerede analyser af behovet for udbygning og muligheden for kabellægning af eltransmissionsnettet. Det resulterede i en politisk beslutning om at kabellægge hele 132 og 150 kV-nettet. 400 kV-nettet bliver stående som luftledninger og tre konkrete strækninger i Jylland forstærkes. Energinet.dk udarbejdede herefter i samarbejde med de regionale transmissionsselskaber en plan for kabellægningen af 132 og 150 kV-nettet.

Analyserne, der har ligget til grund for udbygning og kabellægning af transmissionsnettet over de næste 20 år, tager højde for en forøget anvendelse af elbiler i Danmark. Der er foretaget en robusthedskontrol for transmissionssystemet i en dimensionerende maksimalbelastningssituation fra det øvrige elforbrug inkl. varmepumper (i alt 6200 MW for 2040), som viser, at der i denne situation samtidigt kan forsynes ca. 230 MW, svarende til 672.000- 775.000 elbiler såfremt deres opladning spredes mest muligt ud. Hvis elbilernes indrettes med en intelligent opladning, vil elpriserne give incitament til, at opladning af elbiler i denne spidslastsituation er begrænset.

B2.6 EI- og plug-in hybridbilers belastning af distributionsnettet

En udbygning med elbiler vil medføre en øget belastning af hele elsystemet, men det er især de lavere spændingsniveauer, herunder distributionsnettet, der i særlig grad kan blive påvirket af belastningen.

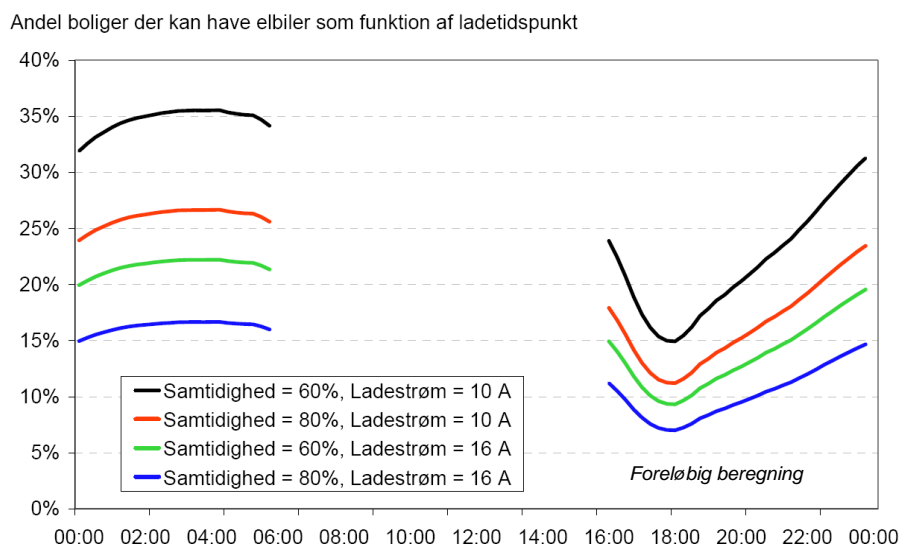
En elbil med et kørselsforbrug på 18.000-20.000 km pr. år vil typisk have et elforbrug på 2600-3000 kWh. Dette skal ses i forhold til, at en typisk husstand har et årsforbrug på 4500 kWh.

Der er igangsat en række initiativer med henblik på vurdering af indflydelsen på elsystemets lavere spændingsniveauer. Elbilers belastning af distributionsnettet undersøges i forbindelse med FoU-projektet "Edison". Projektet løber frem til 2011.

I et samarbejde mellem elselskabet NRGi, Energinet.dk og Dansk Energi er der foretaget nogle vurderinger af konsekvenser for nettet i boligområder ved en udbygning med elbiler.

Problemet i distributionsnettet er især knyttet til den samtidige opladning. Resultaterne fra disse vurderinger peger på, at en intelligent indpasning af elbilerne er påkrævet ved en større udbygning med elbiler. Hvis mere end 5-8 pct. af boligerne samtidigt lader en elbil med standardeffekten 11 kW, vil der i de undersøgte situationer være behov for forstærkning af nettet.

I nedenstående figur er problemet søgt visualiseret i form af den procentuelle andel af boliger, der samtidig vil kunne lade en elbil set i forhold til opladningstidspunkt uden forstærkning af distributionsnettet.



Figur B.2.4: Netkapacitet for andel af boliger der kan lade samtidig ved forskellig ladestrøm. Bemærk at analysen er begrænset og ikke omfatter perioden 05:00-16:00.

Kilde: NRGi, DEFU og Energinet.dk, 2009

Y-aksen viser antallet af boliger i et boligområde eller på en vej, der har en elbil. Det ses heraf, at hvis fx hver fjerde bolig har en elbil, vil 80 pct. af disse kunne lade samtidig, hvis de gør det om natten med en ladestrøm på 10 A (den røde kurve). Hvis kravet derimod kun er at 60 pct. skal kunne lade samtidig om natten med 10 A, vil der være plads i ledningsnettet til at hver tredje bolig har en elbil (den sorte kurve). Den foreløbige vurdering af distributionsnettet viser endvidere, at hvis mere end 5-8 pct. af husstandene har en elbil, og de lader samtidigt kl. 18 med 16 A uden hensyn til nettets tilstand (den blå kurve), kan der blive behov for forstærkninger af infrastrukturen lokalt.

Hvis der tages hensyn til ladning ud fra elproduktionsprisen (spotprisen) vil ladning i spidslastperioder for boligområder (typisk mellem 17-20) generelt kunne undgås. Herved kan nettet i de undersøgte cases bære op til 10-15 pct. elbiler, der lader samtidigt.

Hvis der indbygges yderligere intelligens og etableres et såkaldt "Smart grid", kan opladning af elbilerne ske under hensyn til nettets øjeblikkelige (lokale) tilstand. Herved kan den tilgængelige kapacitet fordeles mere hensigtsmæssigt, og en væsentlig højere andel elbiler lades uden risiko for flaskehalse i eldistributions-systemet.

Ladningen kan i dette koncept prioriteres således, at elbiler med behov for hurtig opladning prioriteres frem for elbiler, der ikke skal lade så hurtigt. Prioriteringen kan ske ud fra en betalingsmodel, således at det reelt er brugeren, der foretager valget ud fra den konkrete prioritering af behovet for hurtig ladning.

Intelligens i elsystemet er således vigtig for at sikre god adgang til opladning og samtidig undgå relativt mange omkostningstunge forstærkninger i elsystemet, i takt med at elbilerne bliver udbredt.

B2.7 Effektpåvirkning ved indkobling af et større antal elbiler

Elbilens fleksibilitet kan omvendt også udgøre en udfordring for elsystemet. Der er en stor statistisk spredning på det almindelige elforbrug, idet forbrugerne i et boligområde f.eks. ikke starter komfuret på præcis samme tidspunkt. Forestiller man sig en simpel start/stop-funktion for elbiler med "tænd/sluk-ur" indstillet til start i lavpristimer, kan det medføre relativt store indkoblingseffekter ved time-skift (overgang til timer med lavere elpriser). Dette skisma kan have konsekvenser på både distributionsniveau og mere overordnet i elsystemet, hvis ikke det løses hensigtsmæssigt. På længere sigt kan det være nødvendigt med intelligente elnet "Smart grids", der kan bidrage til en intelligent og smidig indpasning af elforbruget til elbiler.

Selvom det samlede energiforbrug til elbilerne er relativt begrænset set i forhold det øvrige elforbrug kan elbilernes indkoblingsstrømme have væsentligt indflydelse på elsystemet. Hvis det antages, at 80.000 elbiler ved brug af simpel tidsstyret automatik indkobler ladning på 11 kW i forbindelse med overgang til en lavpristime, vil effektbalancen momentant ændres med 900 MW, svarende til momentant udfald af mere end 2 store kraftværksblokke. Denne type udfordringer kan løses på forskellige vis, men det kræver proaktiv indtænkning i forhold til elsystemets styring, at undgå denne type effektpåvirkninger.

Der er igangsat et projekt "Elsystem 2025" under Energinet.dk. Målet er i 2012 at have en samlet konceptuel beskrivelse af fremtidens elsystem med 50 pct. vedvarende energi, fastholdt forsyningsikkerhed og god markedsfunktion.

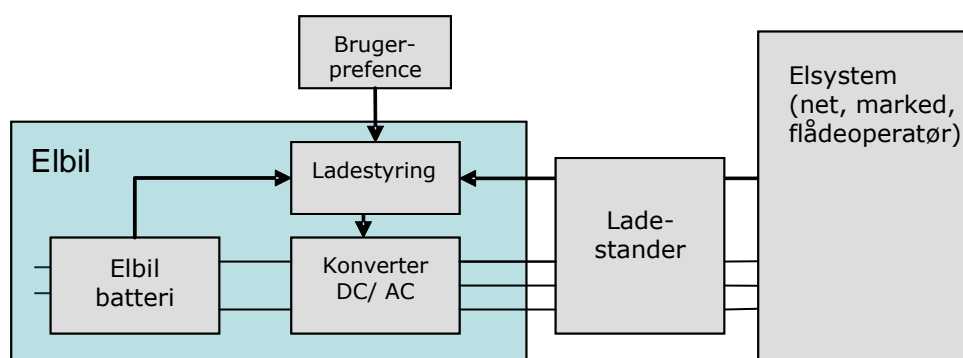
Bilag 3: Intelligens i elsystemet

En succesrig indfasning af elbilen i forhold til elsystemet vil være en vigtig løftestang i forhold til de politiske målsætninger om at sikre forsyningssikkerheden, mindske afhængigheden af fossile brændsler og efterleve de klimapolitiske mål. Et sådan indfasning forudsætter, at der udvikles og implementeres en intelligent ladeinfrastruktur, der kan integrere elbilen og elsystemet for herigennem at sikre, at de enkelte opladningsløsninger kan fungere i et samspil med det øvrige elforbrug og elproduktionen, herunder den fluktuerende el fra vindmøller.

Mere præcist kan en intelligent ladeinfrastruktur defineres som sammenhængen omkring ladestander, kommunikation mellem ladestander, elbil og elsystem, og ikke mindst elbilens mulighed for at integrere de tilgængelige informationer fra elsystemet i en optimering af opladningen. En måde at etablere disse sammenhænge er ved opbygning af smart grids, der kan balancere forbruget lokalt, sikre optimal udnyttelse af kapaciteten og mindske evt. flaskehalse i systemet.

B3.1 Samspil mellem elbil, bruger og ladestander

Samspillet mellem elbil, brugeren og laderen bygger på en række delelementer, som er beskrevet i nedenstående figur.



Figur B.3.1: Elementer i elbil tilkoblet ladeinfrastruktur ved alm. ladestander (privat bolig/arbejde mv.)

Kilde: Energinet.dk

De enkelte elementer i figur B.3.1 kan beskrives som:

- **Elbil batteri:** Energilageret i bilen. Størrelsesordenen er typisk 20-40 kWh. Enkelte biler har op til 70 kWh (eksempelvis Tesla Roadster). Prisen for et 30 kWh batteri er i dag ca. 65.000 – 120.000 kr. Inden for 10 år forventes omkostningen at blive reduceret til ca. 1/3 af dagens pris.²⁹
- **Konverter AC/DC:** Denne komponent omdanner vekselstrøm fra elnettet til batteriets jævnspænding (DC). Typen af konverter er helt afgørende for fremtidens muligheder for, at elbilen kan agere intelligent i forhold til elsystemet. Nogle typer af konvertere vil kunne levere effekt begge veje og således levere ef-

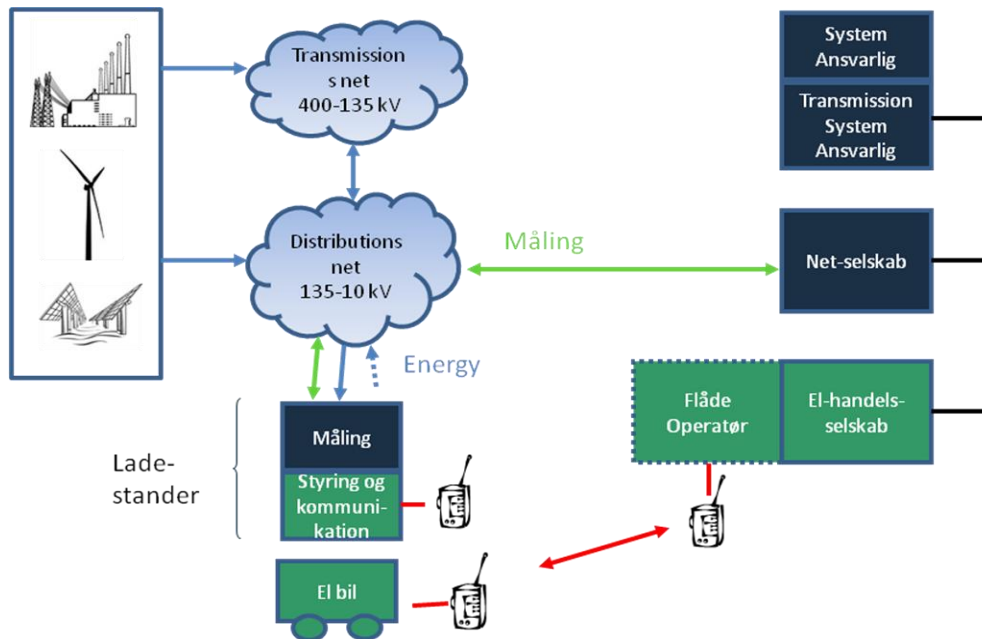
²⁹ Teknologiredegørelse for batterityper til elbiler, rapport til Energistyrelsen, Cowi 2009 samt kommunikation med Lithium Balance, 24. sept. 2009

fekt fra elbilen til elsystemet (Vehicle-to-grid=V2G). En styrbar konverter vil ligeledes kunne levere hurtigt regulerende balancekraft og visse systembærende egenskaber til elsystemet.

- **Bruger-præference:** Brugerinterface til brugerens præference er nødvendig for at få brugerens oplysning om behov for opladning (km-rækkevidde og tidspunkt for opnået tilstand) kommunikeret til ladestyringen.
- **Ladestyring:** Styring af ladningen baseres på input af viden om elbilbatteriets tilstand, brugerpræference og elsystemets tilstand. Til elsystemets tilstand regnes her også net- og tarifparametre. Det er helt afgørende for en intelligent styring af elbilen, at der er adgang til styring af konverteren, som kan slå opladningen fra og til ud fra de forskellige hensyn, der ligger i den intelligente opladning. Man kan forestille sig en såkaldt flådeoperatør, der udbyder elektricitet til køretøjerne. Operatøren kan sammenlignes med det, man kender fra mobiltelefonens verden, nemlig mobiloperatøren. En operatør vil som udgangspunkt levere et input til ladestyringen.
- **Elsystemet (en mere detaljeret model fremgår af figur B.3.2):**
Effekten, der overføres fra elsystem til batteri (ladeeffekten), kan fleksibelt tilpasses elsystemets tilstand, hvis elbilens opladningssystem giver mulighed for det. Ved elsystemets tilstand forstås her både den aktuelle elpris og døgnprisen for el, det aktuelle mønster i elproduktionen, herunder mængden af el fra vindmøller, og endelig belastningen af elnettet.

B3.2 Aktører i et koncept for integration af elbil med elsystem

En skitse af et koncept for integration af elbilen med elsystemet og de enkelte aktører og elementer fremgår af figur B.3.2.



Figur B.3.2: Aktører i en markedsbaseret model for styring af elbilens opladning. Dele markeret med mørkeblåt er monopol-aktiviteter og dele markeret med grønt er kommercielle aktiviteter.

I integrationen af elbil og elsystem jf. figur 7.2 indgår følgende elementer:

- **Elbil med kommunikations-interface**
Denne del består af elbil med batteri/konverter/ladestyring inkl. kommunikations-interface til ladestander. Derudover en kommunikation til flåde-operatøren, der leverer el til bilen.
- **Ladestander**
Denne del består foruden den fysiske stander af en elmålerdel, en kommunikationsdel (CCU) og stik mv. til effektoverføring. Elmålingen og udbygning af elnet varetages i Danmark af netvirksomheden. Ladestanderen skal som udgangspunkt give adgang til energileverance fra den flådeoperatør en elbil-ejer ønsker at anvende, for herigennem at sikre at ejeren ikke er bundet af en konkret flådeoperatør. Målte data skal således kunne identificeres og videreformidles til rette elleverandør. Kommunikationsdelen, der sikrer, at bilen lades intelligent, kan enten integreres i standeren eller i bilen.
- **Flådeoperatør**
Denne aktør forestår energisalg og evt. administrationen af elbilens opladning, hvis den skal ske intelligent. Opladningen kan da ske efter aftalte kriterier mellem elhandler og den kommercielle flådeoperatør. Operatøren kan have mulighed for at styre ladningen, indirekte ved prissignal eller på anden vis optimere driften af elbilen sammen med øvrige elforsyninger, som energiselskabet på kommerciel vis varetager.
- **Systemansvarlig**
Den systemansvarlige har ansvar for at sikre den samlede drift af elsystemet, herunder sikre balance mellem elproduktion og elforbrug og at opretholde forsyningsikkerheden i elsystemet
- **Transmissionssystem ansvarlig**
Denne aktør har ansvaret for det overordnede landsdækkende elnet, herunder at sikre at transmissionsnettet kan bære de varierende belastninger.
- **Måleransvarlig**
Denne aktivitet er, som det i dag er kendt fra andet elforbrug, fastlagt som netvirksomhedens ansvarsområde. Netvirksomheden er udover måleransvarlig ligeledes ansvarlig for distributionsnettet – dvs. det lokale net, der forsyner de enkelte husholdninger m.v. med el.

B3.3 Systemhensyn og niveauer af intelligens i ladesystemet

Generelt skal intelligensen i ladesystemet understøtte de hensyn, som bidrager til de tidligere omtalte energi- og klimapolitiske målsætninger og herigennem til samspillet mellem elbilen og elsystemet. Elsystemet har behov for fleksibel og hurtigt regulerbar effekt til at sikre effektbalancen i det samlede elsystem og dermed sikre stabiliteten i systemet. Disse regulerkrafttydelser indkøbes i dag typisk fra termiske kraftværker. Den samlede omkostning til disse systemtjenester er i dag af størrelsesordenen 1 mia. kr. pr. år.

Effekten fra elsystem til batteri kan reguleres meget hurtigt. Dette betyder, at elbilen med denne reguleringsmulighed potentielt kan levere værdifulde systemtjenester til elsystemets drift.

Markedet for systemtjenester er opdelt i primære reserver (reaktionstid på sekunder), sekundære reserver (reaktionstid fra sekunder op til 15 minutter) og manuelle reserver, der skal kunne regulere inden for 15 min.

Derudover indkøbes på kontrakt systemtjenester fra de centrale værker. Systembærende egenskaber er bl.a. stabilitet til elsystemet som sikrer at fejl og havari ikke fører til en kritisk ustabilitet i elsystemet.

Det kræver en konceptudvikling både af teknologi og elmarked, at få elbilerne til at kunne deltage i dette marked for systemtjenester og dermed profitere på denne egenskab, og perspektiverne heri er væsentlige for den samlede samfundsøkonomi for elbilernes drift.

Elbilerne kan principielt levere alle 3 typer regulerkraft. Dog skal elbilers potentielle værdi for elsystemet med hensyn til regulerkraft ses i perspektiv af, at der i forbindelse med aftalen om SK4 (Skagerak-kablet), som Energinet.dk indgik med norske Statnett i 2008, er reserveret og indkøbt 100 MW (svarende til 3 større decentrale kraftværker) til sekundære reserver i en 5-årig periode, med start når forbindelsen er etableret (planlagt til 2014), og med henblik på at aftalen forlænges efter de 5 år.

Der kan kategoriseres mellem forskellige niveauer af intelligens i integration mellem elbilen og elsystemet. Komplexiteten i løsningerne stiger gradvist i takt med øget intelligens.

A: Simpel intelligens - sikkerhed og tilpasning af ladeeffekt til udstyr

Det laveste niveau af intelligens mellem elbil og ladeinfrastruktur tager hensyn til forhold omkring sikkerhed ved tilslutning af ladekabel. Dette niveau af intelligens forudsætter, at et standardiseret elbilsladestik er godkendt og understøttes af både elbil og ladestander. Dette niveau af intelligens kan sikre, at kablet er tilsluttet korrekt før ladning påbegyndes, og at ladningen automatisk begrænses til den maksimalt tilladelig ladeeffekt, udstyret kan håndtere.

B: Markedsintegreret løsning - åben adgang til elmarked

Med denne intelligens understøttes det, at ladestationen kan udbygges til at levere el fra en vilkårlig elleverandør. Denne funktion understøtter et velfungerende marked, hvor enhver elbil-bruger frit kan vælge leverandør af elforsyning til sin elbil, uden bindinger til ejerskab af infrastruktur. Identifikation kan for bilens vedkommende ske, ved at bilen har en identifikation, som den kommunikerer til ladestanderen, når ladestikket monteres. Dette giver samtidig mulighed for, at betaling af opladning sker automatisk i henhold til kontrakt med udbyder, som det kendes fra mobiltelefoni.

Med dette niveau af intelligens sikres samtidig, at alle udbydere af forsyning til elbilerne (elhandels-selskaber/elbil flådeoperatør) har fuld adgang til alle forbrugere (elbiler) inden for den danske infrastruktur til elbiler. Danmark har således et godt afsæt for at blive et interessant marked for nye aktører og produktudviklere i forbindelse med, at afprøve ladestrategier i samspil med elmarkedet.

C: Elsystemintegreret ladeinfrastruktur – smart grid

På det længere sigt kan det være nødvendigt at anvende den intelligente ladeløsning til at agere hensigtsmæssigt i forhold til elnettets tilstand. Det vil sige, ladestanderen kommunikerer oplysninger om

nettet (netparametre) og pris for at lade (tarifparametre) og kan således give incitament til, at ladning sker under hensyn til elsystemets tilstand, alt efter hvor belastet nettet er. Ved smart grid (intelligent elnet) kan også anvendes løsninger med såkaldt V2G (vehicle-to-grid), hvor elektriciteten kan leveres tilbage fra elbilen til nettet og herigennem levere systemtjenester og øge forsyningsikkerheden i elsystemet.

Nedenstående figur giver en skematisk oversigt over de forskellige niveauer for intelligent ladning

Koncept niveau	Beskrivelse	Hvad kræves
0: Simpel ladning	Ingen intelligens. Denne type ladning kan håndteres i dag. Da der ikke er kontrolsignal i ladestik, kan elbilen kun lade med 10 A, 1-faset, svarende til 2,4 kW. En fuld opladning vil typisk tage 10-12 timer. Simpel ladning med 3-faset 16 A (11 kW) kan evt. etableres, hvis der fra bilen manuelt kan vælges et større effektaftag.	Alm. stik kan bruges.
1: Kraftig ladning med kontrolsignal	Sikkerhed og kontrol i tilslutning via standardiseret kommunikation. Effektaftag som ladestander kan levere kommunikerer. Der kan lades op til 3-faset 32 A (evt. på sigt 63 A) svarende til 22 kW (42 kW). Dette niveau opfylder de basale behov om sikkerhed ved hurtigladning (>16A). Forbrug afregnes til elleverandøren, som forsyner ladestanden.	- Særligt "Elbils-stik" med kontrolsignal
2: Markedsintegreret (Identifikation og kontrakt)	Som niveau 1, men kommunikation mellem elbil og ladestander håndterer bilens identifikation til elleverandør. Dette niveau opfylder brugerens behov for let adgang til egen elleverandør.	- Særligt elbils-stik - Standardiseret kommunikation mellem ladestander og elsystem - En etableret "backbone" til håndtering af administration af afregning for ladestander (clearing house)
3: Systemintegreret	Som niveau 2. Derudover understøttes standard for kommunikation af netparametre og tarifparametre mv. Elbilen kan dermed lade "smart" i forhold til elsystemets tilstand og levere systemtjenester.	Som koncept 2. Derudover kræves: - En styrbar konverter i elbilen - Smart grid funktioner i nettet, der håndterer situationer med netbegrænsninger hensigts-

		mæssigt
4: Systemintegreret med V2G	Som niveau 3, men elbilen og systemet kan håndtere levering af effekt fra elbil til elsystem ved særlige spidslast situationer (V2G).	Som 4. Derudover <ul style="list-style-type: none"> - Elbilens konverter kan levere effekt fra bil til ladestander - Elsystem og marked er "gearet" til effektleverancer fra elbiler

Tabel B.3.1: Niveauer for intelligent ladning

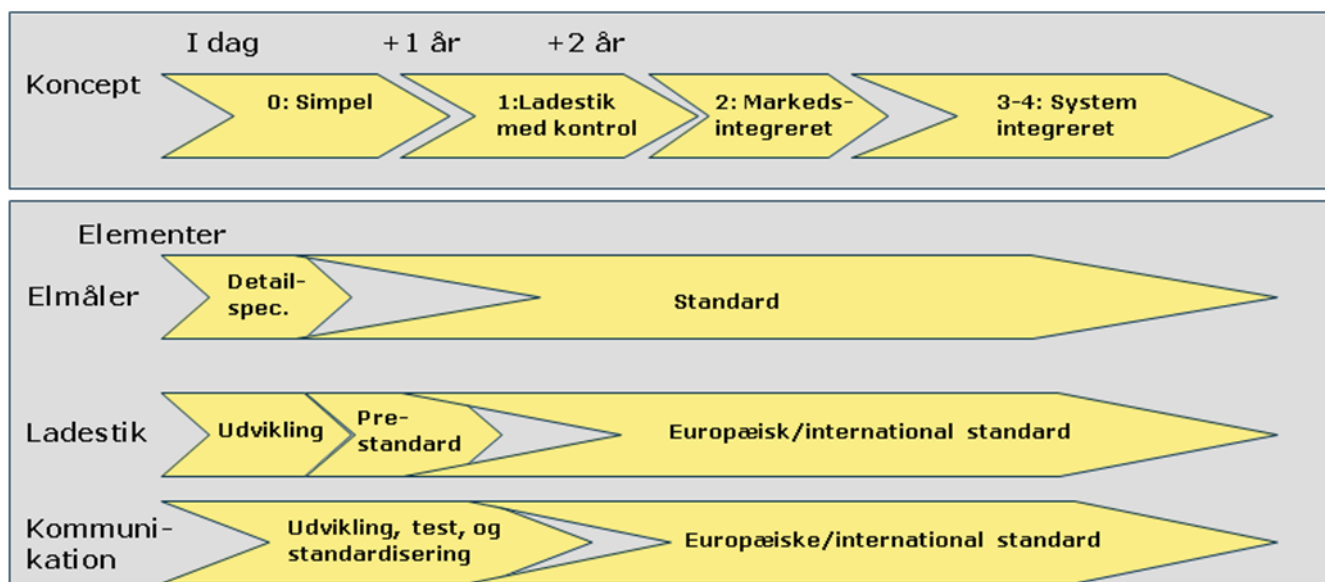
Kilde: Energinet.dk

B3.4 Tidsperspektiver for udrulning af infrastruktur

En roadmap for udrulning af infrastruktur og tilhørende grader af intelligens forudsætter en nærmere kvantificering af fordele i forhold til kompleksitet og politisk opbakning.

Nedenstående figur 7.4 skitserer et bud på, hvor hurtig de enkelte elementer (elmåler, stik, kommunikation mv.) principielt (skønnet) kunne være klar ud fra nuværende forsknings- og udviklingsindsatser (Edison mv.) og standardiseringsarbejder. Der henvises i øvrigt til Energistyrelsens igangværende arbejde omkring en strategi for udrulning af en ladeinfrastruktur.

Endvidere fremgår af figuren et bud på hvornår de enkelte koncepter vil kunne være implementeret hvis der antages et hurtigt udviklingsforløb. Det skal præciseres, at figuren ikke er et egentligt roadmap. En egentlig roadmap for udrulning vil kræve en betydeligt mere nuanceret kortlægning af udviklingselementerne.



Figur B.3.3: Tidsmæssige aspekter for elementer i en intelligent infrastruktur til elbiler

Kilde: Energinet.dk

Bilag 4: Bilbatterier som fleksibelt lager

Med til indpasning af elbiler i elsystemet kan det være attraktivt at kunne benytte elbilernes batterier som et fleksibelt lager for elsystemet. Det er tanken, at når elbilen ikke anvendes og er tilsluttet elnettet, kan den lagrede el føres tilbage til elsystemet på de tidspunkter af dagen, hvor der er stort behov.

Ved at anvende elbilbatterier som fleksibelt lager for elsystemet vil det være muligt at tilbyde systemtjenester, udbygge elsystemets kapacitet og forbedre indpasning af vindmøllestrøm til elsystemet. Produktion af vindmøllestrøm kan lagres og føres tilbage til elsystemet, når efterspørgslen efter el er høj.

Udvikling af et sådant system fordrer udvikling af den nødvendige infrastruktur til kommunikation og udveksling af el mellem elbiler og elnettet. Anvendelse af elbiler som fleksibelt lager for elsystemet vil desuden føre til øget slitage på elbilbatterierne.

Det danske EDISON-projektet har bl.a. til formål at undersøge indpasningen af elbiler som fleksibelt lager for overskudsproduktion af el fra vindmøller. EDISON-projektet er dog endnu ikke nået frem til konklusioner på dette område.

Der er forskel på, hvor velegnede eldrevne biler er til at fungere som fleksibelt lager. Rene elbiler har større batterier end plug-in hybridbiler og har derfor bedre mulighed for at bidrage som lager. Plug-in hybridbiler kræver typisk opladning om dagen grundet deres begrænsede rækkevidde, f.eks. når føreren er på arbejde, og vil derfor være vanskeligere at indpasse som lager. Den lavere kapacitet begrænser endvidere den kapacitet, der kan trækkes til elnettet fra en plug-in hybridbil.

I det følgende beskrives væsentlige problemstillinger i forhold til benyttelse af elbilbatterier som fleksibelt lager for elbiler. Der tages udgangspunkt i batterier designede for biler - og altså ikke batterier specielt designede til at indgå som fleksibelt lager for elnettet.

B4.1 Batterityper

Der findes i dag en række forskellige typer batterier, der anvendes til elbiler og hybridbiler. Det drejer sig om bly-syrebatterier, NiMH-batterier, NiCa-batterier, ZEBRA-batterier, litium-ionbatterier (Li-ion) og litium-polymerbatterier.

Disse batterityper adskiller sig fra hinanden i forhold til ydeevne og vægt. Batteriet skal være i stand til at binde tilstrækkelig meget energi til at sikre køretøjet en passende rækkevidde, samtidigt med at batteriet kan yde en tilstrækkelig effekt til at sikre den nødvendige fremdrift og accelerationsevne i elbilen. Udviklingen af batteriteknologien inden for særligt litium-ion og litium-polymer går meget hurtigt. Dette betyder, at batteriernes egenskaber løbende forbedres. Omkostninger til produktion af batterier afhænger i høj grad af produktionsvolumenet. I takt med at produktionsserierne stiger, er det muligt for producenterne at opnå stordriftsfordele og presse priserne på batterierne ned.

Producenterne af batterierne ændrer og justerer løbende de fysiske og kemiske karakteristika af deres litium-ion- og litium-polymerbatterier. Det er derfor almindeligvis kun muligt for producenterne at teste deres batterier i en relativt begrænset tidsperiode. Derfor er der kun begrænsede historiske erfaringer med bat-

teriernes holdbarhed - vurderingerne baseres på fremskrivninger³⁰. Der er dermed en væsentlig usikkerhed forbundet med, hvordan batteriernes faktiske holdbarhed vil være.

B4.2 Energitæthed og effekttæthed

Batteriets evne til at lagre energi angives som batteriets energitæthed. Jo større batteriets energitæthed er, desto mindre vægt er nødvendig for at give elkøretøjet den ønskede rækkevidde. Batteriets energitæthed angives almindeligvis som Wt/kg.

Batteriets effekttæthed er tilsvarende et udtryk for batteriets evne til at yde den nødvendige kraft til fremdrift og acceleration i forhold til batteriets vægt. Effekttætheden angives almindeligvis som W/kg.

B4.3 Krav til bilbatterier

Litium-ion- og litium-polymerbatterier er i dag de batteriteknologier, der bedst imødekommer de krav, der stilles til anvendelse i elbiler. Disse batterityper er i dag nået et stade, hvor batteriernes egenskaber er tilstrækkelige til at sikre den nødvendige fremdrift og accelerationsevne i små og mellemstore elbiler. Elbilernes egenskaber til fremdrift og acceleration modsvarer fuldt ud egenskaberne for konventionelle biler i samme størrelse.

Både litium-ion- og litium-polymer- såvel som NiMH-batteriers egenskaber modsvarer de krav, der stilles til anvendelse i plug-in hybridbiler. NiMH-batteriteknologien er en gennemtestet teknologi, hvor batterier i dag produceres i store serier. NiMH-teknologien er udviklet til et stade, hvor der kun vil være rum for relativt små forbedringer i batteriernes egenskaber. Energitætheden i NiMH batterier er for begrænset til at teknologien udgør en reel mulighed for elbiler, idet batteriets vægt vil være uhensigtsmæssigt stor.

Valget af elbilbatteriets størrelse afhænger af elbilens ønskede lasteevne, energi-effektiviteten af bilens motor- og batterisystemet samt elbilens rækkevidde og kørselsmønster. Elbilens rækkevidde kan øges ved at øge batteriets kapacitet, men dermed øges også bilens vægt. For at undgå en uhensigtsmæssig batterivægt i elbilen er en batterivægt på omkring 250 kg i en middelstor elbil ønskværdig. En almindelig elbil har i dag en energieffektivitet på omkring 7-7,5 km/kWh. Elbilens energi-effektivitet afhænger af en lang række forhold herunder bilens egenvægt, det anvendte batteri- og motorsystem, luftmodstand, energiforbrug til andet end fremdrift (f.eks. opvarmning/køling af passagerkabinen) og anvendelse af regenerativ bremsning (hvor bremsenergien genlagres i bilens batteri).

Med den batteriteknologi, som er tilgængelig i dag, er det ikke økonomisk rentabelt at udstyre almindelige elbiler med tilstrækkeligt store batterier til at sikre en rækkevidde, som modsvarer konventionelle bilers rækkevidde på en opfyldning af brændstof.

De elbiler, som findes på markedet i dag, har generelt en rækkevidde på mellem 100 og 200 km, hvilket i forhold til konventionelle biler er en begrænset rækkevidde. Distancen modsvarer imidlertid flertallet af den danske befolknings daglige transportbehov. Dermed tegner elbiler sig i Danmark for mange mennesker som et potentielt alternativ til konventionelle biler.

En metode til at øge elbilens rækkevidde indgår i Better Places' projekt om opbygning af en infrastruktur til hurtig udskiftning af elbilbatterier. Med en sådan infrastruktur vil det være muligt at udskifte det afladde batteri med et opladet batteri, og dermed øge elbilens rækkevidde.

³⁰ "The Meaning of Life", Batteries & Energy Storage Technology, Summer 2009, No. 25

Valget af batteristørrelse har også en betydning for mange kørselskilometer batteriet vil kunne holde til. Dermed bliver batteriets størrelse også en afgørende faktor for de omkostninger, som er forbundet med driften af elbilen.

United States Advanced Battery Consortium's (USABC) har opstillet en række målsætninger til de nødvendige krav for batterier til elbiler. USABC er et toneangivende partnerskab mellem den amerikanske bilindustri og det amerikanske energiministerium. USABC's målsætninger er en form for retningslinier, der overfor batteriproducenterne angiver, hvilke egenskaber batterierne skal besidde, for at elbiler bliver et konkurrencedygtigt alternativ til konventionelle biler. Nedenstående tabel viser en oversigt over disse krav samt den teknologiske status for elbiler i dag.

	Målsætning for Elbil		Teknologistatus i dag (Li-ion)	Vurdering / bemærkning
	Lille	Middel stor		
Vægt (kg)	250	250	ca.300	Vægten af de Li-ion batterisystemer, der benyttes i en række elbiler på markedet i dag er 245-450 kg.
Effektæthed (W/kg)	200	400	ca. 250-350	Li-ionbatterier er i stand til at nå målsætningerne til effektæthed (for lille og middelstor elbil)
Energitæthed (Wt/kg)	100	160	ca. 100	Li-ionbatterier kan nå målsætningerne til energitæthed til små elbiler. Batterierne har dog potentialet til også at nå målsætningerne for energitæthed for middelstore elbiler
Energiindhold (kWh)	25	40	22-53	Li-ionbatterier produceres i batterisystemer der kan nå målsætningerne. Energiindholdet er angivet for en række af de elbiler, som i dag findes på markedet.
Antal dybe cyklus'er ¹ (ca. 80 pct. afladning)	1000-1500	1000-1500	1500-2000	Li-ionbatterier kan nå målsætningerne til dybe lade-cyklus'er (ifølge producenterne selv).
Rækkevidde (km)			100-150	Rækkevidden for de fleste elbiler, der findes på markedet i dag.

Tabel B.4.1: Målsætninger for batterisystemer til elbiler og vurdering af status for Li-ion batterisystemer³¹

Kilde: "Teknologiredegørelse for batterier til elbiler", COWI (2009).

Tabellen viser at, de eksisterende batterier til elbiler i dag imødekommer de fleste af de krav, som stilles for ydeevne af små og mellemstore elbiler.

B4.4 Priser på litium-ion- og litium-polymerbatterier

I en teknologiredegørelse om batterier til elbiler konkluderes det, at prisen på litium-ionbatterier på markedet ligger i intervallet 2.250 - 4.000 kr/kWh.³² Rapporten bygger på data, som er indhentet i sommeren 2008. Prisniveauet for litium-ionbatterier er faldet betydeligt siden, og et estimat af prisniveauet i dag af en

³¹ Energitæthed: mængden af energi, som kan lagres i batteriet per vægtenhed.

Effektæthed: den hastighed hvor med energi overføres fra batteriet til motorsystemet. Effektæthed er et udtryk for den effekt (kraft), der kan trækkes ud af batteriet per vægtenhed.

Ladedybde: den andel af batteriets fulde kapacitet som aflades før batteriet genoplades.

Ladecyklus: et begreb, som dækker over én op- og afladning af batteriet.

³² "Teknologiredegørelse for batterityper til elbiler", rapport til Energistyrelsen, COWI, 2009

centrale aktør på batterimarkedet ligger på omkring 2.230 kr/kWh.³³ Dette svarer til en pris på ca. 55.750 kr. for et 25 kWh batteri, hvilket nogenlunde svarer til en almindelig batteristørrelse i de elbiler som findes på markedet i dag.

Prisen på batterier forventes at falde i fremtiden. Det er forventeligt, at prisniveauet vil nå ned til ca. 1.100 kr/kWh ved større produktionsserier indenfor en årrække.³⁴ Optimistiske iagttagere vurderer endog, at prisniveauet vil kunne komme så langt ned som 600 kr/kWh i 2015.³⁵ Dette vil svare til et prisniveau for et litium-ionbatteri på 15.000 kr. for et 25 kWh batteri. Der er dog her tale om betydelige usikkerheder. Prisen for litium-polymerbatterier er i dag ca. 75 pct. højere end litium-ionbatterier. Et 25 kWh litium-polymerbatteri koster dermed i dag omkring 85.500 kr. Et optimistisk skøn angiver at prisen for et 25 kWh litium-polymerbatteri vil kunne nå ned på omkring 30.000 kroner i 2015.³⁶

B4.5 Batteriers holdbarhed

Et centralt begreb for forståelse af afladning af batteriet er ladedybde. Ved ladedybde forstås, hvor stor en del af batteriets fulde kapacitet som aflades. Slitagen viser sig ved, at batteriets kapacitet ved fuld opladning over tid reduceres i forhold til den fulde kapacitet for batteriet når det er nyt. Når batteriets kapacitet er reduceret til 80 procent af dets oprindelige kapacitet, betragtes batteriet almindeligvis som uegnet til anvendelse i elbiler. Batteriet vil dog fortsat kunne finde anvendelse i elbiler med lavere behov for rækkevidde eller mindre lasteevne.³⁷

Ladecyklus er et begreb, som dækker over én op- og afladning af batteriet, men ikke nødvendig en fuld af- og opladning. Antal ladecykler i et batteris levetid er almindeligvis defineret som det antal ladecykler, som et batteri gennem sit livstid kan tåle, førend batteriets kapacitet er reduceret til 80 procent af et nyt batteri. Der er en sammenhæng mellem hvor dybt batteriet aflades og dets holdbarhed. Jo dybere batteriet aflades, desto større slitage. Som minimum bør der altid være mindst 20 pct. af batteriets energi tilbage, når det skal oplades igen. Afladning til 20 pct. af batteriets fulde kapacitet og efterfølgende fuld opladning, betegnes som en dyb ladecyklus. Litium-ionbatterier kan i dag tåle 1.500-2.000 sådanne dybe ladecykler, og litium-polymerbatterier kan tåle 2.000-3.000 dybe ladecykler. Ved en elbil med en energieffektivitet på 7,5 km/kWh og et kørselsmønster på 20.000 km årligt svarer dette til ca. 133 årlige dybe ladecykler. Dette svarer til en levetid på godt 11 år for litium-ionbatterier og 15 år for litium-polymerbatterier (ved henholdsvis 1500 og 2000 dybe afladninger).

Ved en mere skånsom af- og opladning af batteriet, hvor batteriet ikke aflades så meget, øges antallet af ladecykler, som batteriet kan tåle. Nedenstående figur viser sammenhængen mellem, hvor dybt batteriet aflades, og hvor mange kilometer det er muligt at drive en elbil gennem hele batteriets levetid. Set over batteriets levetid kan der trækkes flest kilometers kørsel ud af det, hvis man hver gang kun bruger 40 pct. af dets kapacitet, inden man lader det op igen. Herudover afhænger batteriets holdbarhed også af andre faktorer, herunder kørselsmønstret. En aggressiv kørestil med mange accelerationer slider således mere på batteriet end et mere roligt kørselsmønster.

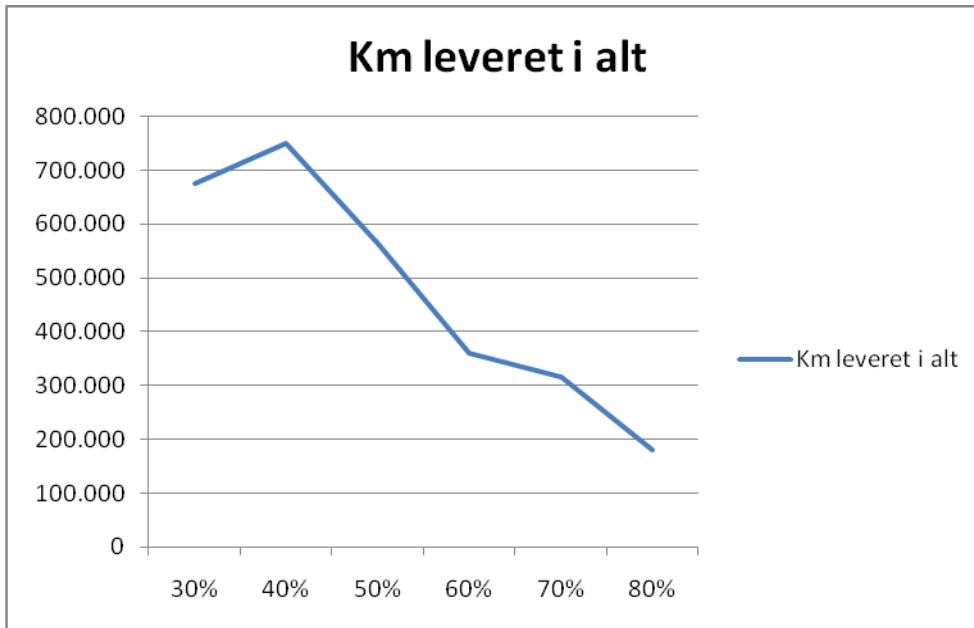
³³ Interview med Ivan Loncarevic, Priserne er baseret på Li-ion ferrit batteriteknologi.

³⁴ "Teknologiredegørelse for batterityper til elbiler", rapport til Energistyrelsen, COWI, 2009.

³⁵ Personlig kommunikation med Lithium Balance, 24. september 2009.

³⁶ Personlig kommunikation med Lithium Balance, 24. september 2009.

³⁷ "Teknologiredegørelse for batterityper til elbiler", rapport til Energistyrelsen, COWI, 2009.



Figur B.4.1: Samlet rækkevidde for elbil ved forskellig ladedybde af elbilbatteri

Kilde: Personlig kommunikation med Ivan Loncarevic, Lithium Balance, 24. september 2009.

Undgå afladningsdybder over 50 procent af batteriets fulde kapacitet forlænges batteriets levetid dermed betydeligt. Dette indebærer at batteriet slides mindre kraftigt, hvis elbilen ikke udnytter sin fulde rækkevidde, eller hvis batteriet dimensioneres større.

For at sikre den bedste udnyttelse af batteriet er det vigtigt, at elbilens bruger har det rette incitament til at benytte batteriet på en hensigtsmæssig måde. Ejeren af elbilbatteriet vil have et økonomisk incitament til at udvise en adfærd, som sikrer batteriet en lang levetid. Anderledes kan det forholde sig, hvis batteriet for eksempel leases. Her vil det kunne være nødvendigt at indbygge en økonomisk incitamentsstruktur i kontrakten, hvor leasingomkostningerne afhænger af, hvordan batteriet benyttes for at opnå en hensigtsmæssig benyttelse af det.

Den hastighed, hvormed at batteri af- og oplades, har også stor betydning for batteriets holdbarhed. Ladehastigheden opgøres ved faktoren C. Faktoren 1C indikerer, at det tager en time at gennemføre en fuld opladning af batteriet. I forhold hertil indikerer 2C, at opladningen sker ved dobbelt så stor effekt og tager ½ time, 4C indikerer 15 minutter, etc. Omvendt indebærer ½C, at opladningen sker ved en lavere effekt og tager 2 timer. Hastigheden, hvormed et batteri aflades, opgøres ligeledes ved faktoren C. En stor ladehastighed fordrer at op- eller afladningen sker med en stor effekt.

Der er en tæt sammenhæng mellem batteriets levetid og op- og afladehastigheden. Jo større hastighed jo mere forringes batteriets levetid. Analyser af sammenhængen mellem ladehastighed og levetiden af mindre Li-Ion batterier til computere³⁸ indikerer, at levetiden halveres, når C værdien for både af- og opladning vokser fra 1 til 2 og yderligere mere end halveres, hvis C værdien øges til 3. Omvendt forlænges levetiden, når C værdien reduceres til ½ og derunder. C værdien skal her forstås som den hastighed, der altid, gennem

³⁸ Battery University.com, <http://www.batteryuniversity.com/parttwo-34.htm>

batteriets levetid, af- og oplades med. Disse erfaringer kan ikke nødvendigvis overføres direkte til store Li-Ion batterier til biler, men indikerer dog batteriets følsomhed over for ladehastigheden.

Lynoplading af en bil på 15-20 minutter svarer således til 3-4 C, mens langsom opladning på 4-8 timer svarer til 0,12-0,25 C. Lynoplading vil påføre uforholdsmæssig stor slitage på batteriet, men må også forventes kun at ske i begrænset omfang, f.eks. i forbindelse med lange ture og kun på særlige ladestationer.

Afladning ved kraftig belastning af motoren (kraftig acceleration og høj hastighed) indebærer en høj C værdi på afladning af batteriet, op til over 1 f.eks. ved konstant høj hastighed.

Anvendes bilens batteri som lager for elsystemet, vil belastningen af batteriet og reduktionen af levetiden afhænge af hastigheden, eller effekten, hvormed af- og opladning sker. Generelt må tilslutning af biler til nettet forventes at ske via en almindelig lader, f.eks. på 400 V, og med en begrænset effekt. Dette kunne tænkes højest at give mulighed for en C værdi f.eks. på 0,2-0,3. Lynafladning og -opladning i forbindelse med udveksling med nettet vil således næppe forekomme, medmindre bilen er tilsluttet en særlig ladestation. Hvis der bliver mulighed for hurtig udveksling med nettet, bør priserne for den el, der udveksles med nettet, afspejle ladehastigheden og sliddet på batteriet.

B4.6 Implikationer af anvendelse af elbilbatterier som fleksibelt lager for elsystemet

Batteriets evne til at op- og aflade energi er afgørende for, hvordan et system, der leder strøm fra elbiler til elnettet, kan designes. Et batteri består af en række celler. Der er en øvre grænse for, med hvilken effekt den enkelte celle tåler at blive henholdsvis op- og afladt. Ved anvendelse af elbiler som fleksibelt lager for elsystemet, er det derfor vigtigt, at den effekt, der trækkes ud af batteriet, tilpasses batteriets egenskaber.

Anvendelse af batteriet som fleksibelt lager for elsystemet reducerer batteriets levetid. For ikke at slide unødigt meget på batteriets kapacitet, bør ladedybder på over 50 procent af batteriets kapacitet undgås, jvf. figur 1. Betalingen for benyttelse af batteriet til meget dybe afladninger bør derfor være højere end ved mere begrænsede afladninger.

Der kan være behov for, at elbilens fører kan sætte en øvre grænse for, hvor dybe afladninger af batteriets fulde kapacitet som accepteres, samt at angive hvor høj en kapacitet batteriet skal have for at sikre den nødvendige rækkevidde, når elbilen skal ud at køre.

EDISON-projektet sigter imod at udvikle den nødvendige software for at etablere et system til anvendelse af elbiler som fleksibelt lager for elnettet. Der er dog endnu ikke opnået resultater på dette område.

Udgangspunktet for et system, der tillader tilbageføring af el fra elbilbatterier til elnettet, er et system, der sikrer "intelligent" opladning af elbilen, således at elbilen oplades, når det bedst indpasses i elsystemet. Better Place er i dag kommet ret langt med udviklingen af den software, der skal benyttes til intelligent opladning af litium-ion elbilbatterier. Løsningen tager udgangspunkt i en kommunikation mellem ladestander og elkøretøj, således at det bliver muligt at indpasse opladning af elbilen i forhold til elnettets kapacitet. Det ligger dog en del år ude i fremtiden før Better Place vil have udviklet software, der kan styre tilføring af el fra elbiler til elsystemet³⁹.

³⁹ Personlig kommunikation Christian Egenfeldt, Better Place, 7. juli 2009

For at anvende elbiler som fleksibelt lager for elnettet, er det nødvendigt, at der findes en kommunikation sted mellem elsystemet og den enkelte elbil. Det skal således være muligt for elsystemet at identificere hvilke type batteri, som elbilen er udstyret med. På baggrund af det enkelte batteris specifikationer og lade-stand mv. skal af- og opladningen af batteriet tilrettelægges, således at slitage af batteriet begrænses.

En yderligere udfordring i forhold til at anvende batteriet som fleksibelt lager er, at den strømmængde, der trækkes ud af batteriet, skal afpasses i forhold til elbilens anvendelse, således at en tilstrækkelig rækkevidde sikres. Hertil kommer udvikling af et system, der styrer afregning for op- og afladning af batteriet.

Bilag 5: El- og plug-in hybridbiler i forhold til elforsyningslovgivningen

I forbindelse med etablering af en ladeinfrastruktur i Danmark, vil også regler på området for færdselsplan- og byggelovgivningen kunne spille en rolle. Dette bilag omhandler alene forholdet til elforsyningsloven.

B5.1 Elforsyningsloven

Reguleringen af det danske elforsyningsområde indeholder regler, der gennemfører de EU-retsakter, der er vedtaget på området.

Overordnet set fastsætter eldirektiverne fælles EU-regler for elsektorens organisation og funktion, hvilket indebærer, at markedet for elektricitet gøres mere konkurrencepræget, uden at hensynet til forsyningsikkerheden, beskyttelsen af forbrugerne og miljøet tilsidesættes.

Liberaliseringen af elmarkedet har medført, at enhver elforbruger frit kan vælge sin elleverandør. Samtidig har enhver elforbruger ret til mod betaling til at blive forsynet med elektricitet her i landet, hvis han ikke ønsker at gøre brug af sit frie valg.

Elforsyningsloven fastlægger samtidig, at måleransvaret for alt aftag fra elnettet ligger hos netvirksomhederne med bevilling. Netvirksomhederne er ansvarlige for indhentning og måling af elforbrug og viderefremmidling af de målte data til de aktører i markedet, der har brug for dataene til afregningsformål m.v.

B5.2 Frit leverandørvalg

Det frie leverandørvalg er et helt centralt princip på området for liberaliseringen af elmarkedet. En udrulning af en ladeinfrastruktur for elbiler må derfor på ingen måde stille sig hindrende i vejen for dette princip.

Hvis elbilbrugerens har mulighed for at lade sit batteri op i sit private hjem, vil brugeren automatisk gøre brug af sit frie valg, idet den leverandør som brugeren har valgt til sin husholdning også vil blive anvendt til at lade elbilbatteriet op med. Det udelukker imidlertid ikke muligheden for, at ladestanderen og husstandens elforbrug kan betragtes som to separate enheder. I givet fald skal der ske en separat måling af forbrug.

Er der tale om en separat ladestander, gælder de samme regler for frit leverandørvalg. Ladestanderens indretning må ikke være en hindring for, at kunderne frit kan vælge elleverandør. Det er af stor betydning for konkurrencen, at der også omkring elbilers forbrug kan opretholdes en effektiv mobilitet på efterspørgselsiden. Det er derfor væsentligt, at levering af strøm til opladning i private hjem ikke skaber ringere vilkår for andre konkurrerende elhandelselskaber i forbindelse med levering af den øvrige strøm. Leverandørvalget med hensyn til el til kundens elbil skal således hverken direkte eller indirekte kunne påvirke kundens leverandørvalg af den øvrige el.

B5.3 Opladning udenfor hjemmet

Når elbilbrugerens anvender en etableret elbilinfrastruktur udenfor hjemmet, såsom ladestander og batteriskiftestationer, kan der umiddelbart drages en parallel til de konventionelle biler og benzinstationer. Her kan forbrugerens frit vælge hvilken tankstation og dermed benzinselskab, forbrugerens ønsker at anvende.

Samme filosofi bør ideelt set gøre sig gældende på området for opladning af elbiler. Elbilbrugerens bør have mulighed for, at "tanke" strøm fra det elselskab, forbrugeren ønsker at handle med. Der bør således sikres en solid konkurrence på markedet for "eltankstationers" salg af strøm til elbilkunder.

B5.4 Ændring af elforsyningsloven

Som elforsyningslovens "frit valg"- bestemmelser i dag er udformet, er det ikke fuldstændig klart, at retten til frit at kunne vælge sin elleverandør også kan udstrækkes til at gælde i det tilfælde, hvor forbrugeren aftager strøm "ude i byen", eksempelvis fra en ladestander. Det vil muligvis kræve en ændring af elforsyningsloven, hvis elforbrugers ret til frit at vælge sin elleverandør også skal gælde udenfor hjemmet/virksomheden.

Som på ethvert andet konkurrenceudsat marked må det dog antages, at elbilbrugerens "frie valg" under alle omstændigheder opfyldes, når blot det sikres, at markedet for salg af el til elbilbrugerens *udenfor hjemmet* er tilstrækkeligt åbent for alle aktører.

B5.5 Opsætning af stander til opladning

Det lokale eldistributionsnet ejes af netvirksomheder, som ejer og driver nettet, men som ikke handler med elektricitet. De skal have bevilling til at drive nettet, og deres nettariffer er reguleret i elforsyningsloven og kontrolleret af Energitilsynet. Adgangen til at transportere elektricitet igennem elforsyningsnettet er fri, dog skal der ske dækning af nødvendige omkostninger.

Ønsker en person eller et selskab at opstille en opladestander, der skal modtage strøm, vil dette være muligt. Selve etableringen af opladestanderen kræver ingen tilladelse efter elforsyningsloven, (der kan imidlertid være begrænsninger i forhold til placeringen i færdsels-, plan- og byggelovene) og opstiller har mod betaling krav på at blive forsynet med strøm enten ved køb fra det forsyningspligtige selskab i det pågældende område eller fra et hvilket som helst selvvalgt elhandelsselskab.

Opstiller skal indgå en aftale om nettilslutning af opladestanderen med den netvirksomhed, som ejer det lokale net i det område, hvor ladestanderen ønskes opstillet og skal samtidig betale netvirksomheden de nødvendige omkostninger, som er forbundet med tilslutningen til nettet.

Elforsyningsloven stiller krav om, at netvirksomheden måler den elektricitet, der transporteres igennem netvirksomhedens net. Netvirksomheden er således, som udgangspunkt, ansvarlig for måleren i ladestanderen. Netvirksomheden kan outsource opgaven med målingen af den strøm, der leveres gennem nettet til en opladestander, eksempelvis til det selskab, der ønsker at opstille standeren. Et sådan setup vil blot kræve en klar aftale mellem netvirksomheden og den, der opstiller ladestanderen, idet selve måleransvaret, uanset hvilke aftaler der må blive lavet, stadig påhviler den lokale netvirksomhed. Netvirksomheden er, som indledningsvist nævnt, også forpligtet til at indsamle måledata og videreformidle disse data til relevante parter.

Hvad opstilleren ønsker at anvende sin strøm til, i dette tilfælde en ladestander til opladning af elbilbatterier, reguleres ikke af elforsyningsloven.

Etableringen af en batteriskiftestation vil ligesom i tilfældet med opladestanderen have ret til at modtage strøm, men vil selvfølgelig også skulle indgå en aftale om nettilslutning med den lokale netvirksomhed og betale de nødvendige omkostninger forbundet hermed. Den strøm batteriskiftestationen modtager, vil

kunne anvendes til opladning af batterier og kan som sådan sammenlignes med en konventionel tankstation.

Netvirksomhedernes tariffer fastsættes for hvert selskab ud fra de lokale forbrugeres aftag af elektricitet fra det lokale net. Et selskab, der opstiller ladestanderer rundt om i landet i flere forskellige lokale netområder, vil være en storforbruger på landsplan, men med mange små, lokale forbrugssteder, og vil således ikke umiddelbart kunne få nogen "mængderabat" på nettariffen. Da elmarkedet er kommercielt, vil virksomheden imidlertid have mulighed for at forhandle om en rabat på sit indkøb af el.

B5.6 Køb af elektricitet

Handel med elektricitet er liberaliseret og kræver ingen myndighedstilladelse efter elforsyningsloven. El-handlere køber elektricitet enten direkte fra en producent af elektricitet eller på Nordpool, som er en børs for handel med elektricitet.

Der er altså fri prisdannelse på køb af elektricitet, og prisen per leveret kWh er alene reguleret af konkurrencelovgivningens bestemmelser om forbud mod misbrug af dominerende stilling.

Elhandleren skal selv eller ved en operatør anmelde størrelsen af sit elkøb i det næste driftsdøgn til den systemansvarlige virksomhed, Energinet.dk, som står for driften af transmissionsnettet. Elhandleren skal efterfølgende betale for eventuelle ubalancer i forhold til det anmeldte.⁴⁰

B5.7 Salg af el til forbrugeren

Der er fri prisdannelse på salg af elektricitet. Imidlertid vil salg af elektricitet til forbrugeren kunne falde ind under konkurrencelovens bestemmelser om udnyttelse af dominerende markedsstilling.

For at hæve prisgennemsigtigheden på markedet for handel med el er der desuden etableret en internetportal⁴¹, hvor elleverandører er forpligtet til at anmelde deres priser for salg af el, så forbrugeren har mulighed for at sammenligne el-priser.

En typisk elhandler vil i dag købe sin strøm fra en producent eller på Nordpool for derefter at sælge strømmen videre til forbrugeren til brug i husholdningen eller i virksomheden. En virksomhed, der ønsker at opsætte ladestanderer, vil derimod købe strøm og sælge den videre til forbrug *fra opladestanderer*. Altså en lidt anderledes form for videresalg af strøm end den, der typisk sker i dag.⁴²

En virksomhed, der ønsker at være leverandør af den strøm, der anvendes til opladning i private hjem, vil skulle sikre kunden en række forbrugerrettigheder bl.a. retten til en kontrakt samt varsling af pris- og vilkårsændringer. Derudover findes der et klagenævn for bl.a. elforbrugere.

⁴⁰ Der skal være balance i elsystemet. Dvs. der skal være balance mellem den mængde el, der er blevet købt, og den mængde el der bliver brugt. Elhandleren betaler, via den balanceansvarlige, dyrt for eventuelle ubalancer i systemet og har derfor en stor interesse i, at kunne foretage op- eller nedregulering af elforbrug. Her kan elbilbatteriet som lagerkapacitet blive en vigtig faktor.

⁴¹ www.elpristavlen.dk. En forbrugerportal oprettet af Dansk Energi, der henvender sig til private forbrugere og virksomheder med elforbrug på op til 100.000 kilowatttimer per år.

⁴² Opsætter af en ladestander med mulighed for betaling med kort, skal højst sandsynlig iagttage kravene i lov om betalingstjenester. Loven henviser også til lov om behandling af personoplysninger.

Reglerne om sikring af forbrugerrettigheder er med en nylig ændring af elforsyningsloven blevet udvidet til også at gælde for netvirksomheder og de regionale transmissionsvirksomheder. Men reglerne tager på nuværende tidspunkt ikke højde for den situation, at elkunden også aftager strøm *udenfor* hjemmet fra eksempelvis en ladestander på en tilfældig parkeringsplads eller fra en mere etableret "eltankstation" eller batteriskiftestation.

Det må derfor overvejes, hvorvidt reglerne om sikring af forbrugerrettigheder på elforsyningsområdet skal gøres mere dynamiske og tilpasses det faktum, at elforbrugeren i fremtiden ikke udelukkende køber strøm til brug i hjemmet. Alternativt kan køb af el, eksempelvis hos den lokale "eltankstation", blot ses som et helt almindeligt forbrugerkøb omfattet af de almindelige forbrugerretlige regler.

Desuden må det overvejes om elleverandøren, der sælger sin strøm via en opladestander, også skal forpligtes til at anmelde sine priser til en internetportal, hvorved forbrugeren får mulighed for at sammenligne elpriser til brug for opladning af sin elbil. Altså om der på markedet for salg af el *udenfor hjemmet* er det samme behov for at hæve gennemsigtigheden på markedet for at sikre en høj grad af forbrugermobilitet og dermed en bedre konkurrence.

B5.7 Leje af batteri

Prisen på et elbilbatteri udgør en meget stor del af udgiften til nyanskaffelse af en elbil. Sammenholdt med batteriets mulige funktion som lagerkapacitet er det ikke utænkeligt, at selskaber, der samtidig handler med el, vil se en fordel i at udleje batteriet til elbilejeren. Selskabet vil på denne måde måske kunne opnå en økonomisk fordel, idet betaling for eventuelle ubalancer i forhold til størrelsen af det anmeldte køb til Energinet.dk vil kunne undgås.

Hvad angår opladning af forbrugerens lejabatteri i hjemmet eller på virksomheden, vil der blive tale om, at forbrugeren kommer til at gøre brug af to elleverandører; én til almindeligt husholdningsforbrug og én til elbilen. Denne kan dog også være den samme. Dette forudsætter, at batteriejer etablerer egne selvstændige aftagerpunkter samt målere hos forbrugeren. Etableringen kunne være en del af den aftale, som elbilbrugerens indgår med batteriejer om leje af batteriet.

Etableringen af et selvstændigt aftagerpunkt - et ekstra forbrugssted - vil som ovenfor nævnt kræve, at batteriejer indgår en aftale med den lokale netvirksomhed om at installere en (ekstra)måler i forbindelse med nettilslutningen, da måleransvaret ligger hos den lokale netvirksomhed.

Alternativt kunne batteriejer tænkes at indgå en aftale med elbilejerens elleverandør til boligen, således at det samlede elforbrug måles via netvirksomhedens måler, men hvor elektriciteten til batteriet måles via en bimåler og afregnes særskilt med forbrugerens "hovedleverandør". Dette skønnes imidlertid næppe realistisk, da det vil medføre ekstra afregningsopgaver for "hovedleverandøren", ligesom det ville give forviklinger i forhold til afregning af balanceansvar etc.

Med flere aktører på markedet, der ejer batterier og lejer dem ud for derigennem at udnytte fordelene ved batteriet som ellager, vil elbilejeren have mulighed for frit at vælge, hvilken virksomhed han ønsker, der skal stå for leveringen af el til elbilen i hjemmet. Såfremt der alene er én virksomhed på markedet, der ejer batterierne til elbilerne, vil der være fare for, at elforbrugeren ret til frit at vælge elleverandør reelt udhules.

Det kan derudover ikke udelukkes, at særskilte aftaler om levering af strøm til elbilen i private hjem eller virksomheder vil synes for besværlig for kunden, hvorfor kunden vil vælge fuldstændigt at lade leverandøren af el til elbilen varetage leveringen af el til resten af husholdningen også. I en sådan situation vil der muligvis kunne blive tale om en direkte eller indirekte påvirkning af kundens leverandørvalg i forhold til den øvrige el i strid med konkurrencelovgivningen.

B5.8 V2G – levering af el tilbage til nettet

I forhold til spørgsmålet om at anvende batteriet på en sådan måde, at der kan leveres el fra elbilbatteriet tilbage til elsystemet (vehicle to grid - V2G), er det interessant at se på ejerskabet til den strøm, der lagres i batteriet.

Som udgangspunkt vil en elbilbruger, der ejer elbilens batteri, også have ejerskabet til den strøm, der lagres på batteriet. Det er ikke realistisk at forestille sig, at en elbilejer, der har købt sin elbilstrøm hos en elleverandør, kan levere sin strøm tilbage til nettet og som sådan fungere som balanceansvarlig i forhold til ubalancer i elsystemet. Derimod vil det heller ikke være muligt for leverandøren af el til elbilen uden videre at "tappe" strøm fra batteriet, for at anvende dette som regulerkraft, uden at have en klar aftale med elbilbruger. Dette ville kunne karakteriseres som tyveri.

Til gengæld vil det være et realistisk scenarie, at elbilbruger og leverandør af el til elbilbrugers bil indgår en kontrakt, hvori det aftales, at elleverandøren får retten til at bruge batteriet som regulerkraft i forhold til markedet for balanceansvar.

I tilfælde af, at elleverandøren ejer batteriet og lejer det ud til elbilbruger, er det selvfølgelig elleverandøren, der har ejendomsretten til batteriet. Alt afhængig af hvad parterne har aftalt sig frem til, må det dog formodes, at et væsentligt element i batteriejers forretningskoncept ligger i batteriets anvendelse som regulerkraft. Elbilbruger stiller således den lagrede el på batteriet til rådighed for elleverandøren, som får mulighed for at "byde ind" med strøm, når elsystemet er særligt belastet.

I dansk ret er der som udgangspunkt aftalefrihed. Det står derfor elbilbruger og dennes elleverandør frit for at aftale, at elbilbruger stiller sit batteri og/eller sin lagrede strøm til rådighed for elleverandøren.

B5.9 Eneret og kompatibilitet

Efter vurdering fra Konkurrencestyrelsen kan det ikke anbefales, at der gives en eneret til at opstille og drive infrastruktur til opladning af elbiler i Danmark. Tildeling af en eneret til opladestander og til batteriudskiftningsstationer kan få en række negative virkninger for konkurrencen, bl.a. ved at andre aktuelle eller potentielle leverandører afskæres fra det relevante marked.

Derudover vil tildeling af en eneret kunne påvirke konkurrencen på markedet for produktion af elbiler. Konsekvensen af en sådan markedsafskærmning kan være et begrænset udbud for forbruger at vælge imellem og/eller en klar mulighed for operatøren af infrastrukturen til at tage højere priser simpelthen på grund af manglende konkurrence.

I tråd hermed ligger det også fast, at en ladestander bør være *kompatibel* i forhold til en hvilken som helst elbil. Dvs., at f.eks. en Renault elbil såvel som en Volvo elbil skal kunne benytte den samme stander til opladning. Opladestander som ikke er kompatible eller åbne for kunderne, vil kunne påvirke konkurrencen

på markedet for produktion af elbiler i en negativ retning, da efterspørgslen efter elbiler alt andet lige vil afhænge af antallet af kompatible opladestander.

B5.10 Statsstøtte

Konkurrencestyrelsens statsstøttesekretariat har vejledende udtalt, at fritagelse fra registreringsafgift ikke er statsstøtte. Det skyldes, at afgiftsfritagelsen hviler på objektive, lige og ikke-diskriminerende vilkår og vil gælde for alle borgere og virksomheder, der anskaffer en el-bil.

Afgiftsfritagelse for køb af el til opladning af batterier til brug for el-biler vil derimod udgøre statsstøtte og vil skulle anmeldes til Europakommissionen. Det skyldes, at en fritagelse for el-afgift vil indebære en undtagelse fra det normale afgiftssystem og medføre selektive fordele for de virksomheder, der varetager opladningen og salg/leasing af batterier som brændstof til el-biler i forhold til andre typer af brændstof. Derudover vil Energiforforsyningsdirektivets bestemmelser – herunder bestemmelserne om minimumssatser - skulle overholdes.

B5.11 Anden relevant lovgivning

I sammenhæng med vurderingen af etablering af en elbilinfrastruktur er det væsentligt også at holde sig kommunernes virkemidler inden for planlovgivningen for øje. Kommunerne vil således være en vigtig brik i udrulningen og planlægningen af en elbilinfrastruktur, herunder specielt med henblik på placering af ladestander og batteriskiftestationer og eventuelle tilladelser til deres opførelse i overensstemmelse med byggelovgivningen

Med hensyn til planlovgivningens bestemmelser vil en kommune eksempelvis kunne stille krav til ladefaciliteter på offentlige parkeringspladser. Derudover kan en kommune gøre parkeringsmulighederne gunstigere for elbilerne og således lade disse biler få gratis parkering, som bl.a. Københavns Kommune har gjort det.

På trafikområdet har kommunerne primært en trafikplanlægningsopgave. Kommunerne vil derfor have mulighed for at sætte et vist præg på tilrettelæggelsen af trafikken indenfor den enkelte kommunes grænser.